FACULTÉ MIXTE
DE
MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE MARSEILLE

N° 21

Contribution à l'Etude physio-pathologique de l'Effort à propos des Epreuves fonctionnelles Respiratoires

---

THÈSE

présentée et publiquement soutenue devant la Faculté Mixte de Médecine et de Pharmacie de Marseille

Le 20 Février 1961

PAR

Guy AUGÉ

Externe en premier des Hôpitaux

Né le 29 Novembre 1929, à Marseille

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MEDECINE

Examinateurs de la Thèse	M. le Professeur MORIN	*Président*
	M. le Professeur J. DOR	
	M. le Professeur V. DONNET	
	M. le Professeur A. RAYBAUD	*Assesseurs*
	M. le Professeur Agrégé J. CHARPIN	

Imprimerie M. LECONTE
98, Cours Lieutaud, 98
MARSEILLE
— 1961 —

Contribution à l'Etude physio-pathologique de l'Effort à propos des Epreuves fonctionnelles Respiratoires

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547028_0052

FACULTÉ MIXTE
DE
MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE MARSEILLE

N°

Contribution à l'Etude physio-pathologique de l'Effort à propos des Epreuves fonctionnelles Respiratoires

---

THESE

présentée et publiquement soutenue devant la Faculté Mixte de Médecine et de Pharmacie de Marseille

Le 20 Février 1961

PAR

Guy AUGÉ

Externe en premier des Hôpitaux

Né le 29 Novembre 1929, à Marseille

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MEDECINE

Examinateurs de la Thèse	M. le Professeur MORIN	*Président*
	M. le Professeur J. DOR M. le Professeur V. DONNET M. le Professeur A. RAYBAUD M. le Professeur Agrégé J. CHARPIN	*Assesseurs*

Imprimerie M. LECONTE
98, Cours Lieutaud, 98
MARSEILLE
— 1961 —

PERSONNEL DE LA FACULTE MIXTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE DE MARSEILLE

Doyen : G. MORIN — *Assesseur :* J. DELPHAUT

Secrétaire principal : P. MOUCHET — *Bibliothécaire :* Mlle PERRIN

Secrétaire principal honoraire : J. COMTE.

Professeurs honoraires : MM. AUDIBERT, BELTRAMI, BREMOND, JOYEUX, MONGES, MOIROUD, RIMATTEI, ROCHE, CHAUVIN MATTEI

PROFESSEURS

Anatomie	GRISOLI
Anatomie appliquée et Chirurgie expérimentale	HENRY
Anatomie pathologique	GASTAUT
Bactériologie et Pathologie générale	BRAHIC
Biochimie médicale	LISSITZKY
Botanique et Cryptogamie	PELLISSIER
Cardiologie clinique et expérimentale	JOUVE
Chimie	DUMAZERT
Chimie analytique	ARNOUX
Chimie médicale	DERRIEN
Chimie minérale	MOURGUE
Clinique chirurgicale	CARCASSONNE
Clinique chirurgicale	LAMY
Clinique chirurgicale	De VERNEJOUL
Clinique chirurgicale infantile et orthopédique	SALMON
Clinique de Chirurgie thoracique	DOR
Clinique d'Endocrinologie	VAGUE
Clinique exotique	BLANC
Clinique des maladies du système nerveux	CREMIEUX
Clinique médicale	AUDIER
Clinique médicale	POINSO
Clinique médicale thérapeutique	OLMER
Clinique des Maladies infectieuses	RAYBAUD
Clinique des maladies des voies digestives et de la nutrition	RECORDIER
Clinique médicale infantile	GIRAUD
Clinique neuro-chirurgicale	PAILLAS
Clinique obstétricale et gynécologique	CHOSSON
Clinique ophtalmologique	JAYLE
Clinique oto-rhino-laryngologique	APPAIX
Clinique de Stomatologie	MARONNEAUD
Clinique urologique	N...
Histologie	PICARD
Hygiène et Médecine sociale	SAUTET
Matière médicale	BALANSARD
Médecine expérimentale	DONNET
Médecine légale et Médecine du Travail	MOSINGER
Parasitologie	RANQUE
Pathologie chirurgicale	LENA
Pathologie interne	N...
Pharmacologie	MERCIER F.
Pharmacie chimique et Toxicologie	VIGNOLI
Pharmacie galénique	DELPHAUT
Physiopathologie des voies respiratoires	LAVAL
Physiologie	MORIN
Physique médicale	DUBOULOZ
Thérapeutique	PIERI

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

Professeurs sans chaire

MM. ROUX
GREBUS

M. MERCIER J.

Maîtres de Conférences Agrégés

MM. BERNARD Pierre
BOURRET
CORRIOL
CRISTAL
DEPIEDS
DESANTI

MM. GAMBARELLI
GEVAUDAN
PASTOR
PAYAN
STAHL
TAMALET

Agrégés en exercice

MM. BERARD
BERNARD R.
BONNAL
CHARPIN
CHAUVIN
COMITI
DALMAS
DEVIN
FARNARIER

MM. GERARD
LEGRE
MOUREN
ORSINI
REBOUD
SARLES
SERMENT
SIMONIN
TEMIME
TRIFAUD

Agrégés libres

MM. BERTHIER
FIGARELLA
GRANJON
IMBERT
MONGES H.

MM. OLLIVIER
OURGAUD
PAOLI

Chargé des fonctions de Maître de Conférences

Physiologie ..... M. ZWIRN

Chargé des fonctions d'Agrégé

Clinique des Maladies nerveuses ..... M. BOUDOURESQUES
Clinique de Stomatologie ..... M. LACHARD
Médecine légale ..... M. GRAS

A MON PERE ET A MA MERE

En hommage à toute la patience, à tous les sacrifices et à tout l'amour qu'ils ont mis à faire de moi un homme respectueux de ses devoirs et de sa foi.

A MA FEMME

Elle m'a apporté, avec sa confiance et son amour, tout ce dont j'avais rêvé de bonté et de compréhension ; Dieu m'accorde d'être digne d'elle.

A MES FILS BRUNO ET PIERRE

Que ces deux petits diables trouvent plus tard là l'expression de la tendresse de leur papa.

A MA FAMILLE ET A MES BEAUX-PARENTS

A TOUS MES AMIS

je dédie cette Thèse.

A MON MAITRE ET PRÉSIDENT DE THÈSE :

Monsieur le Doyen G. MORIN

Professeur de Physiologie

Doyen de la Faculté de Médecine

Vous m'avez fait le grand honneur d'accepter la présidence de mon Jury de Thèse.

Je n'oublierai jamais la bienveillance avec laquelle vous m'avez guidé dans la rédaction de cette Thèse.

Jeune étudiant, déjà la clarté de votre enseignement m'avait entr'ouvert le monde passionnant de la Physiologie et donné l'espoir de réussir à voir la Médecine sous l'angle de la Physiopathologie.

Que ce modeste travail, fruit des premiers pas d'un débutant, soit l'hommage de ma reconnaissance.

A MES JUGES :

Monsieur le Professeur J. DOR

Professeur de Clinique de Chirurgie Thoracique

Chirurgien des Hôpitaux

Quoique n'ayant jamais eu la chance d'appartenir à votre service, vous m'avez, pendant les deux années passées à Salvator, accueilli comme si j'avais été des vôtres et fait largement profiter de votre enseignement.

Vous avez bien voulu donner vos soins à ma mère avec une gentillesse et un dévouement que je n'oublierai jamais.

Vous m'avez, pendant ces trois années, reçu au Centre d'Exploration fonctionnelle de l'Hôpital Salvator pour l'accomplissement de ce travail.

Pour tout ce que je vous dois, pour tout l'intérêt et la bienveillance que vous m'avez manifestés en toute occasion, je suis heureux de vous exprimer ma profonde gratitude et mon très respectueux attachement.

Monsieur le Professeur V. DONNET

Professeur de Médecine Expérimentale

Vous m'avez fait le grand honneur d'accepter de juger cette Thèse.

Je vous dois une grande part de mes connaissances théoriques d'Endocrinologie et de Physiologie générale.

Que cette Thèse soit l'expression de ma profonde reconnaissance.

A Monsieur le Professeur A. RAYBAUD

Professeur de Clinique des Maladies Infectieuses

Médecin des Hôpitaux

Du temps trop bref pendant lequel j'ai eu l'honneur de remplir les fonctions d'Interne dans votre service date l'un des meilleurs moments de ma vie hospitalière.

De ces discussions à bâtons rompus au lit du malade, des responsabilités que vous m'obligiez à prendre, j'ai retiré une bien meilleure et bien plus vivante compréhension de la Pathologie infectieuse.

L'accueil si bienveillant que vous m'avez toujours réservé depuis, les conseils si profitables que vous avez bien voulu me donner à maintes reprises m'autorisent à vous dire combien d'affection se mêle à ma reconnaissance.

Que cette Thèse en soit l'expression respectueuse.

Monsieur le Professeur Agrégé J. CHARPIN

Médecin des Hôpitaux

Vous avez bien voulu accepter de juger cette Thèse. Vous avez, par vos conférences, largement participé à éveiller ma curiosité pour la Physiologie respiratoire.

La clarté et la précision de vos écrits ont toujours été pour moi un modèle et un guide.

Je vous prie de croire à mon attachement fidèle et à ma très respectueuse reconnaissance.

A Monsieur le Docteur C. GRIMAUD

Vous avez été pour moi un guide et un ami non seulement pour cette Thèse mais encore dans bien d'autres circonstances de la vie tant pendant mon passage à Salvator que par la suite.

Vous m'avez accueilli dans votre laboratoire comme un ami et autorisé à y faire tout ce que je désirais.

Je n'oublierai jamais toute l'amitié et toute l'aide que vous m'avez accordées et vous prie d'accepter ce travail, qui est aussi le vôtre, comme témoignage de mon très respectueux attachement et de ma très profonde amitié.

Au Personnel
du Centre d'Exploration Fonctionnelle Respiratoire
de l'Hopital Salvator

Vous m'avez toutes aidé de tout votre pouvoir, au prix de dérangements parfois très importants dans vos habitudes et vos horaires ; l'amitié et la sympathie que vous m'avez témoignées à maintes reprises m'ont profondément touché.

Que cette Thèse soit l'expression de toute mon amitié et de toute ma reconnaissance.

A MES MAITRES DES HOPITAUX :

Monsieur le Professeur J. OLMER

Monsieur le Professeur FIOLLE *(in memoriam)*

Monsieur le Professeur DE VERNEJOUL

Monsieur le Professeur SALMON

Dont j'ai eu l'honneur d'être le Stagiaire.

Monsieur le Professeur TEMIME

Monsieur le Docteur J. COTTALORDA

Monsieur le Professeur J. PIERI

Dont j'ai eu l'honneur d'être l'Externe.

Monsieur le Professeur Agrégé J. BERTHIER

Monsieur le Professeur Agrégé J. FIGARELLA

Monsieur le Professeur P. GIRAUD

Monsieur le Professeur G.-E. JAYLE

Dans le service desquels j'ai eu l'honneur de remplir les fonctions d'Interne.

A Monsieur le Docteur G. PLASSE

Chirurgien Accoucheur des Hôpitaux

Médecin-Chef de la Maternité de la Belle-de-Mai

J'ai eu l'honneur d'être, pendant un an, votre Interne à la Maternité de la Belle-de-Mai ; vous m'avez appris tout ce que je sais d'Obstétrique et de Gynécologie tant en théorie qu'en pratique médicale et chirurgicale. Vous m'avez, quoique « médical », fait opérer autant et, par le jeu du hasard des gardes, peut-être plus que mes camarades « chirurgicaux » ; vous vous êtes enfin occupé de mon avenir d'une façon que je n'oublierai jamais.

Qu'il me soit permis de vous dire que j'ai trouvé en vous, pendant mes deux derniers choix, bien plus qu'un maître, le « patron » dont j'avais toujours rêvé.

Que cette Thèse soit l'expression de ma très affectueuse reconnaissance et de ma très respectueuse amitié.

A Monsieur le Docteur R. GOIRAND

Chirurgien Accoucheur des Hôpitaux

Je ne saurais, mon cher Maître, vous dissocier du souvenir de M. Plasse : tout ce que je lui dois, je vous le dois aussi à vous, vous savez si bien cacher le patron derrière l'ami qu'avec vous tout semble facile à dire et à faire ; de ces conversations amicales, qui étaient pour nous bien plus que des leçons, j'ai retiré plus de notions utiles qu'en dix ans de pratique des livres et des conférences.

Permettez-moi de vous offrir, avec cette Thèse, l'expression de ma très respectueuse affection.

A Monsieur le Professeur Agrégé SIMONIN

Médecin des Hôpitaux

La bienveillante compréhension que vous avez bien voulu me témoigner m'a été très précieuse.

Que cette Thèse soit l'expression de ma reconnaissance.

A Monsieur le Professeur Agrégé G. FARNARIER

Ophtalmologiste des Hôpitaux

La gentillesse avec laquelle vous avez accueilli en Ophtalmologie un faisant fonction d'Interne aussi ignorant, la patience avec laquelle vous avez entrepris de me « dégrossir », l'amitié que vous avez bien voulu me témoigner ont fait de ces six mois passés en Ophtalmologie l'un de mes « choix » les plus profitables.

Je suis très heureux de vous en exprimer toute ma reconnaissance.

A Monsieur le Professeur Agrégé H. SERMENT

Je vous dois mes premiers pas en Obstétrique.

Je vous dois surtout d'avoir mis au monde mes deux fils.

Recevez avec cette Thèse l'expression de ma profonde gratitude.

A Monsieur le Docteur J. COIGNET

Médecin des Hôpitaux

Vous avez été pour moi un maître, un guide et un ami ; que ce modeste travail soit l'expression de mon très respectueux attachement.

A tous ceux qui m'ont appris la Médecine

Messieurs les Docteurs

ERLANDE
PIERRON
ABIGNOLI
VILLA
GUIGOUX
De CUTTOLI
ESPINAS
GERIN
ARNOUX
CASALONGA
LOUCHET

A Mesdames les Sages-Femmes de la Maternité de la Belle-de-Mai

en souvenir pour tout ce qu'elles m'ont appris et pour l'amitié qu'elles ont bien voulu me témoigner.

A mes Amis et Condisciples

Aux Elèves Sages-Femmes de la Maternité de la Belle-de-Mai

pour toute l'aide qu'elles m'ont apporté dans la réalisation de ce travail et toute l'amitié qu'elles m'ont toujours témoignée ; que cette Thèse soit l'expression de ma très fraternelle affection.

A tout le Personnel médical des Hopitaux, de la Crèche Départementale et de la Maternité de la Belle-de-Mai

INTRODUCTION

L'exploration fonctionnelle respiratoire tend, à juste titre d'ailleurs, à prendre une place de plus en plus importante dans le bilan des malades du thorax : il est en effet de la plus haute importance pour l'expert, pour le chirurgien, comme pour le médecin de connaître dans la complexité des phénomènes respiratoires où est la faille et quelle est son importance.

Du point de vue analytique : la ventilation est la mieux connue des composantes ; on peut actuellement en faire un examen correct dans la plupart des installations. La circulation pulmonaire, malgré les progrès du cathétérisme, reste la propriété de certains centres particulièrement bien outillés. Quant aux examens chimiques du sang, ils permettent, grâce à un appareillage accessible à tous, de se faire une idée de la valeur de l'hématose.

Du point de vue de la synthèse, *a priori* seule l'épreuve d'effort doit permettre de connaître les limites de la fonction, d'où son grand intérêt. Or si déjà, du point de vue pratique, sa réalisation représente la mise en œuvre de moyens considérables et d'une patience à toute épreuve tant pour le patient que pour l'opérateur, du point de vue théorique, les difficultés d'interprétation s'avèrent de plus en plus nombreuses.

En effet, les résultats observés vont dépendre non seulement de la fonction respiratoire, mais encore d'une foule d'autres facteurs :

— le moteur musculaire avec son rendement, sa fatigabilité,
— la circulation générale, qui doit lui assurer l'apport suffisant et de combustible et de comburant ainsi qu'une bonne élimination des déchets.

Le combustible dépend de la valeur des métabolismes généraux.

Le comburant dépend de l'hématose.

La disparition des déchets à la fois du poumon, des métabolismes et du fonctionnement rénal.

Il est donc très important, si l'on recherche les limites de la fonction pulmonaire, de pouvoir, dans l'interprétation des résultats, faire la part de tout ce qui ne dépend pas du poumon.

Nous nous proposons, par une étude physiologique préalable des phénomènes de la respiration et de l'effort musculaire,

d'essayer de voir quels sont les paramètres qui traduisent l'activité des uns et des autres ; puis, par l'étude de 85 dossiers d'épreuves d'effort pris dans le service d'exploration fonctionnelle respiratoire de l'Hôpital Salvator, d'étudier chez le malade quelles sont les corrélations entre les différents paramètres mesurés pour essayer de justifier une méthode d'interprétation des résultats obtenus.

PLAN SUIVI

PREMIÈRE PARTIE : Rappel de notions physiologiques.

A) DONNEES RELATIVES A LA RESPIRATION PULMONAIRE.

I. — Données relatives à la ventilation pulmonaire et aux échanges respiratoires.

II. — Données relatives à la circulation pulmonaire.

III. — Données relatives à l'hématose.

B) DONNEES RELATIVES AUX EPREUVES D'EFFORT.

I. — Etude de l'adaptation à l'effort chez le sujet sain.

II. — Essai d'interprétation.

DEUXIÈME PARTIE : Recherches orignales.

A) TECHNIQUES ET METHODOLOGIE.

I. — Appareillage utilisé.

II. — Malades examinés.

III. — Protocole des examens.

IV. — Présentation des documents.

B) EXPOSE DES RESULTATS.

I. — Recherche des corrélations.

II. — Recherche de l'adaptation.

III. — Essai d'interprétation.

CONCLUSION :

PREMIERE PARTIE

RAPPEL DE NOTIONS PHYSIOLOGIQUES

L'objet de notre thèse est la relation critique d'explorations systématiques dans des conditions standard effectuées sur 85 malades. La compréhension de ces explorations et l'interprétation de leurs résultats supposent un bref rappel de notions physiologiques relatives, d'une part à la respiration pulmonaire, d'autre part aux épreuves d'effort musculaire.

A) DONNÉES RELATIVES
A LA RESPIRATION PULMONAIRE

Il ne s'agit pas ici de résumer nos connaissances sur la physiologie de la respiration mais seulement de rappeler les données physiologiques nécessaires à la bonne compréhension des épreuves fonctionnelles que nous avons effectuées.

I. - DONNÉES RELATIVES A LA VENTILATION PULMONAIRE ET AUX ÉCHANGES RESPIRATOIRES

La ventilation pulmonaire ne représente pas seulement l'étude des volumes gazeux qui pénètrent et qui sortent de l'arbre respiratoire, et bien que cette « ventilation externe » soit la plus anciennement connue, et par conséquent la plus vulgarisée par les traités de physiologie anciens, ce qui compte en définitive pour l'hématose, c'est la composition des gaz qui restent au contact de la zone d'échange, autrement dit du volume gazeux non mobilisable.

L'étude de cette nappe gazeuse prisonnière et des règles de son renouvellement constitue ce que l'on a appelé la « ventilation interne ».

Nous étudierons donc successivement :

— la ventilation externe,
— la ventilation interne.

1° VENTILATION EXTERNE

Elle comprend l'étude

— des volumes mobilisables,
— des débits d'utilisation de ces volumes,
— des échanges gazeux mesurables.

C'est en somme la spirométrie.

A) Les volumes respiratoires :

a) *La capacité vitale.*

C'est le volume gazeux maximum mobilisable en un seul mouvement respiratoire ; on le mesure au spiromètre entre une

inspiration maximum et une expiration maximum. En pratique, on effectuera plusieurs mesures successives pour ne retenir que le chiffre le plus élevé.

C'est le volume respiratoire de référence, d'où la nécessité d'une mesure précise.

Les chiffres normaux sont variables d'un individu à l'autre, aussi a-t-on proposé des barèmes de référence.

Pour Cournand :

CV chez l'homme = (27,63 — 0,112 ans) × (taille en cm).
chez la femme = (21,63 — 0,112 ans) × (taille en cm).

Pour West :

CV chez l'homme = 2,5 × surface corporelle.
chez la femme = 2 × surface corporelle.

b) *Subdivisions de la capacité vitale.*

a) Volume courant :

C'est le volume mobilisé en régime stable lors d'un mouvement respiratoire normal involontaire ; pour le mesurer, il est commode de prendre la moyenne des valeurs observées pendant une à deux minutes.

Normalement, le volume courant VC = 10 % de la CV.

b) Volume de réserve inspiratoire :

C'est le volume maximum qu'un sujet est capable d'inspirer en plus d'une inspiration normale.

Normalement, VRI = 70 % de la CV.

c) Volume de réserve expiratoire :

C'est le volume maximum qu'un sujet est capable d'expirer en plus d'une expiration normale.

Normalement, VRE = 20 % de la CV.

Evidemment, on a toujours VRI + VC + VRE = CV.

B) **Débits respiratoires :**

a) *Volume expiratoire maxima seconde (V.E.M.S.).*

C'est la plus grande quantité d'air que le sujet peut chasser pendant la première seconde d'une expiration brutale à partir d'une inspiration forcée.

Etudié depuis longtemps par Tiffeneau, c'est le débit pulmonaire maximum puisqu'il intéresse la portion la plus « souple » du volume respiratoire.

Cette épreuve permet de juger du débit instantané

maximum réalisable dans les diverses portions de la capacité vitale, donc de la souplesse du soufflet.

Normalement, ce VEMS, que Tiffeneau avait nommé capacité pulmonaire utilisable à l'effort pour rendre compte du fait que c'est dans cette région si mobilisable de la capacité vitale que se déplace l'air courant lors des gros débits, représente 70 % de la CV.

b) *Débit maximum minute* ou MBC (Maxima Breathing Capacity).

C'est le débit pulmonaire volontaire maximum minute. En relation étroite avec la CPUE.

On a démontré par l'expérience que MBC $\simeq$ 38,5 CPUE.

Par comparaison avec la CV, on a MBC $\simeq$ 30 CV et évidemment l'on retrouve CPUE $\simeq$ 70 % CV.

Il est très important de déterminer la fréquence, de façon à ce que la ventilation efficace soit maximum. En effet :

L'espace mort = VD (Atlantic City) est ventilé chaque fois pour rien ; la ventilation efficace est donc :

$$(V - VD)\ F = \text{MBC efficace}$$

Il s'agit de déterminer le F minimum qui donne une ventilation efficace maxima.

L'expérience prouve que la F la plus efficace est de 80 environ, théoriquement

$$100 \frac{CPVE}{CV} = F \text{ optima}$$

Signalons enfin qu'en cas de rigidité pulmonaire, le volume courant ascensionne dans le haut du volume de réserve inspiratoire, dessinant le classique signe du créneau.

On a proposé des normes de référence.

Pour Cournaud :

MBC homme ..... = (86,5 — 0,522 ans) surface corporelle
MBC femme ..... = (71,3 — 0,474 ans) surface corporelle

Pour Wright :

MBC ..... = 1,24 taille cm — 0,0095 ans

c) *Ventilation minute.*

C'est au repos, en régime stable, le volume gazeux mobilisé en une minute lors d'une respiration involontaire :

$$VM = VC \times F$$

Là aussi, il faudra apprécier la ventilation efficace, qui sera :

$$VM = (VC - VD)\ F$$

La mesure est délicate et soumise aux innombrables critiques que l'on a opposées à la mesure du métabolisme de base.

On a voulu définir :

La réserve ventilatoire ..... $= MBC - VM$

L'efficience ventilatoire ..... $= \dfrac{MBC - VM}{MBC} = 91 \text{ à } 95\ \%$

ce qui n'ajoute rien aux connaissances positives.

C) **Échanges respiratoires :**

On entend par là la mesure spirométrique de :

— l'absorption minute d'oxygène,
— du rejet minute de gaz carbonique.

a) *Absorption d'O_2.*

Se mesure simplement par différence entre le volume inspiré et le volume expiré expurgé de son CO_2 par la chaux sodée ; le problème de la vapeur d'eau est résolu différemment suivant le type du spiromètre.

L'absorption normale au repos d'O_2 est variable suivant les individus ; elle est fonction du métabolisme de base et suit les mêmes variations en fonction de la taille et du poids d'une part, du sexe et de l'âge d'autre part, d'où l'intérêt de rapporter la consommation d'O_2 à la surface corporelle.

En moyenne, on a : $O_2/M_2/Mn = 120$ à 150 cm^3.
On la compare également à la ventilation minute pour chiffrer le rendement de la ventilation.

On définit ainsi l'équivalent respiratoire pour l'O_2 :

$$ER\ O_2 = \frac{\text{ventilation minute}}{\text{consommation d'}O_2} \simeq 30$$

b) *Rejet de gaz carbonique.*

La mesure du rejet de CO_2 est beaucoup plus difficile que celle de la prise d'O_2 ; il faut en effet :

— soit un analyseur a réponse très rapide de l'air expiré ;
— soit un système permettant à la fois d'absorber parfaitement le CO_2 et de doser la quantité ainsi absorbée ; c'est ce qui fut réalisé dans le métabographe de Fleisch.

Cet appareillage, représentant un prix d'achat très élevé, est réservé à des centres très bien équipés et un grand nombre de laboratoires n'ont pas la possibilité d'avoir un enregistrement continu du rejet de CO_2.

Le rejet de CO_2 varie également suivant les individus, tout comme la prise d'O_2 ; il est donc intéressant de les comparer.

c) *Le quotient respiratoire.*

On appelle ainsi le rapport

$$QR = \frac{CO_2}{O_2}$$

du CO_2 rejeté au O_2 absorbé.

Normalement, au repos QR = 0,84.

Les endocrinologistes ont depuis très longtemps étudié ce rapport qui représente l'équilibre des combustions cellulaires.

Suivant le type de combustible utilisé, ce rapport varie entre : 0,6 pour les lipides et
1 pour les glucides.

Nous verrons qu'au cours de l'effort Q n'a plus cette signification.

2° VENTILATION INTERNE

C'est l'étude du renouvellement de l'air dans le volume de la zone d'échanges. Ce qui complique cette étude, c'est :

1° qu'il n'y a vraisemblablement pas un réservoir alvéolaire mais des alvéoles différents distribués par des bronches différentes toutes armées d'éléments contractiles qui règlent les débits gazeux locaux de façon non obligatoirement homogène ;

2° que lorsqu'on prélève à fin d'analyse de l'air dit alvéolaire, on ne sait absolument pas d'où il vient ni s'il est identique partout ;

3° que dissocier la ventilation de la perfusion alvéolaire reste un acte artificiel et probablement répréhensible.

Toutes ces raisons font que nous allons nous contenter pour l'instant d'étudier :

— le volume résiduel, qui reste une entité mesurable ;
— la mixique ou temps de rinçage pulmonaire, qui nous donnera une idée de la distribution de la ventilation ;
— la ventilation alvéolaire, qui nous donnera les normes d'un gaz alvéolaire moyen qui, en réalité, n'existe pas mais qui serait tel si le réservoir alvéolaire était unique et uniformément ventilé.

A) Volume pulmonaire résiduel :

C'est la quantité de gaz qui reste emprisonné dans le poumon après une expiration forcée. Il est intéressant de considérer la capacité résiduelle fonctionnelle, qui est la quantité de gaz qui reste dans le poumon après une expiration normale.

On a donc :

$$CRF = VR + VRE$$

Mesure du volume résiduel :

Citons pour mémoire les méthodes indirectes de détermination par :

— mensurations externes du thorax ;
— mensurations radiologiques du thorax ;
— comparaison des temps d'apnée volontaire
  — inspiratoire,
  — expiratoire.

Citons les mesures directes par :

— rinçage de l'azote par une respiration en O_2 pur ;
— surcharge en azote et mesure gravimétrique.

Insistons sur la méthode de dilution de l'hélium la plus employée.

Ayant mesuré avec soin le volume courant et le volume de réserve expiratoire, on ajoute au circuit un volume V connu d'hélium. Ce volume V va se diluer dans le circuit et le malade, c'est-à-dire VC + Vd + VR + VRE. Connaissant le taux de dilution final, on en déduit le volume dans lequel le gaz s'est dilué. Or tout est connu de ce volume sauf le volume résiduel ; on déduit donc par simple soustraction VR.

Les principales causes d'erreur siègent dans la détermination exacte des volumes réputés connus : le circuit ventilé de l'appareil et surtout le volume de réserve expiratoire.

Les volumes résiduels normaux vont de 800 à 2.000 cm^3.

Il est intéressant de le comparer à la CV.

Normalement : VR = 30 % de la CV.

B) **La mixique :**

C'est le temps que met le gaz alvéolaire à se renouveler, autrement dit le temps de rinçage alvéolaire.

La méthode de mesure la plus utilisée est celle qui consiste à minuter la courbe de dilution de l'hélium lors de la mesure de la capacité résiduelle.

Cournand avait proposé un test très simple basé sur le rinçage alvéolaire en azote par respiration d'O_2 pur :

Si le taux de N_2 dans le gaz de fin d'expiration après 7 minutes de respiration en O_2 pur reste supérieur à 2,5 %, c'est que la mixique est mauvaise.

En réalité, comme partout il faut tenir compte de la respiration dans le temps, donc de la fréquence respiratoire pour un débit minute donné, autrement dit de la ventilation efficace.

Gilson et Hugh Jones proposent de tracer la courbe : logarithme du pourcentage de rinçage = fonction de la fréquence, le rinçage étant une exponentielle ; ainsi représenté, on doit avoir une droite.

Effectivement, sur le vivant on a :

— chez l'homme sain : une droite ;
— chez l'emphysémateux : une droite brisée.

Sur des modèles artificiels formés de réservoirs inégalement ventilés, on observe :

— dans le cas d'un réservoir unique : une droite ;
— dans le cas de plusieurs réservoirs inégalement ventilés : une droite brisée, chaque segment de pente différente représentant la ventilation de chaque somme de secteurs.

Ainsi on a pu montrer que, en gros,

— chez le sujet normal, 80 % du système de réserve est assimilable à un réservoir unique uniformément ventilé ;
— chez l'emphysémateux : l'espace de réserve peut se diviser en plusieurs secteurs de moins en moins bien ventilés.

Toutefois les travaux les plus modernes n'ont quand même pas permis d'arriver à une conception parfaitement claire de la distribution intra-pulmonaire des gaz.

C) **Ventilation alvéolaire :**

La ventilation alvéolaire est la quantité de gaz qui, par minute, procède à des échanges avec le sang capillaire ; ce n'est évidemment pas une quantité de gaz directement mesurable ni même réelle ; dès lors, on ne peut la chiffrer qu'à partir des gaz échangés ; par rapport au CO_2, on aura par exemple :

$$Va = \frac{\text{rejet de } CO_2}{\text{concentration de } CO_2 \text{ dans la zone d'échange}}$$

C'est en somme, comme l'a dit Rossier, la clearance alvéolaire en CO_2.

En se plaçant dans les conditions alvéolaires de température et de pression de vapeur d'eau, on a

$$Va = \frac{V\ CO_2/Mn}{P\ alv.\ CO_2\ Mm\ Hg} \text{ (en B.T.P.S.)}$$

V CO_2 étant mesuré à l'extérieur, est exprimé en S.T.P.D. ; il faut donc effectuer la correction :

$$V\ CO_2\ (B.T.P.S.) = 0{,}863\ V\ CO_2\ (S.T.P.D.)$$

La mesure de P alvéolaire de CO_2 est plus compliquée ; nous allons envisager les méthodes :

1° *Directe.*

Haldane et Priestley : on recueille la fin de l'expiration dans un tube de verre de 80 cm de long et 2 cm de diamètre ; la dernière portion de gaz expirés est ainsi analysée au schœlander.

Rhan et Otis : par un ingénieux dispositif, la dépression créée par le début de l'inspiration est utilisée à réaspirer dans le circuit analyseur les derniers centimètres cubes de l'expiration.

Ces deux méthodes donnent lieu aux mêmes critiques : est-ce bien du gaz alvéolaire ?

Si oui, est-il le même partout ? Autrement dit, la respiration est-elle bien isotrope ?

Or nous avons vu, au sujet de la mixique, que chez l'emphysémateux ce n'est pas le cas.

2° *Indirectes.*

Etant admis qu'il n'y a pas de gradient alvéolo-capillaire pour CO_2, on préfère mesurer la PCO_2 artérielle à condition qu'il n'y ait pas, bien sûr, de contamination veineuse ; on a donc par définition :

$$VA = \frac{0{,}863 \text{ V } CO_2/Mn}{P \text{ art. } CO_2}$$

Nous n'entrerons pas dans la discussion des calculs proposés pour définir la VA, puisqu'ils mènent au même résultat ; sans plus de précision, ils indiquent seulement l'endroit où siègent les approximations que l'on est obligé de faire pour pouvoir utiliser l'outil mathématique.

Normalement, au repos et à jeun,

$$3{,}5 \text{ L} < VA < 5 \text{ L/Mn}$$

On peut, bien sûr, en tirer la valeur d'un espace mort théorique tel que

$$Vd = \frac{Vt - VA}{F}$$

En moyenne :

$$\frac{VA}{Vt} \simeq 66 \text{ à } 80 \ \%$$

II. - DONNÉES RELATIVES A LA CIRCULATION PULMONAIRE

Généralités :

La circulation pulmonaire diffère de la circulation générale par un certain nombre de particularités.

Sur le plan de l'hémodynamique, elle est soumise à des impératifs de pression et de débit dont la limite de variation

est relativement étroite et le dépassement cause de désordres graves.

Sur le plan anatomique, on note deux niveaux de limitation du débit, l'un au niveau des artérioles comme dans la circulation générale, l'autre au niveau des « pré-capillaires » qui, dans certaines circonstances pathologiques, constituent un barrage circulatoire très important par hypertrophie de leur média.

Sur le plan de la physiologie, la nécessité d'adaptation de la perfusion à la ventilation crée des conditions de fonctionnement très particulières aux mécanismes de régulation.

C'est l'étude de ces particularités que nous allons essayer d'entreprendre très schématiquement.

ÉLÉMENTS DE L'HÉMODYNAMIQUE DANS LA PETITE CIRCULATION

Paramètres de la circulation pulmonaire :

Masse sanguine :

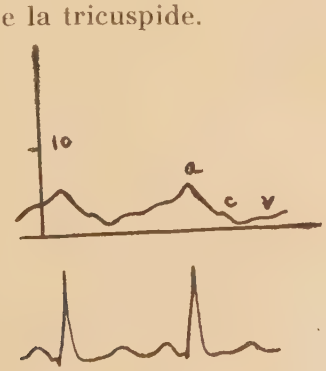
— Très difficile à apprécier.
— Théoriquement, V = débit × temps circulatoire.
— Pour Binet, le territoire pulmonaire est un réservoir de sang tout comme le territoire splanchnique.
— Pour Lammerant, la masse sanguine pulmonaire représente 28 % de la masse totale.
— Pour Hermann, 25 %.
— Elle est susceptible de très larges variations.

Pressions aux divers étages :

Le cathétérisme a permis de les apprécier directement chez l'Homme.

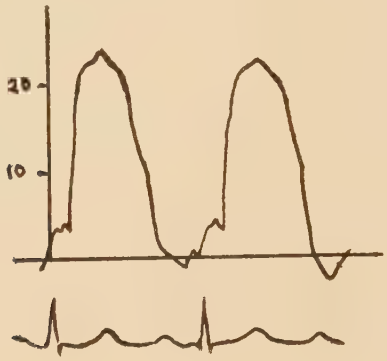
Oreillette droite. — Trois ondes individualisées :

a) Systole auriculaire.
c) Fermeture de la tricuspide.
v) Ouverture de la tricuspide.



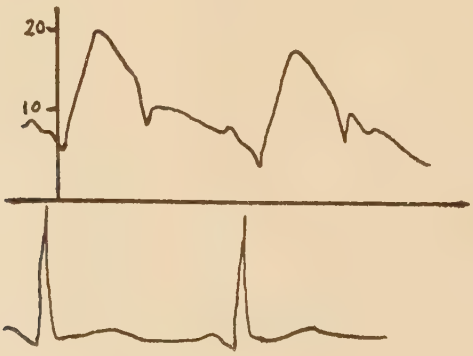
Ventricule droit :

— Ascension brusque = contraction isométrique du V.D.
— Dôme = éjection ventriculaire.
— Crochetage = fermeture des sygmoïdes.
— Descente jusqu'à une pression < 0 coïncidant avec l'onde V de l'O.D.
— Remontée lente = remplissage, marqué par un soulèvement mieux identifiable, coïncide avec « a », c'est-à-dire la systole auriculaire.



Artère pulmonaire :

— Ascension rapide = systole.
— Descente rapide = fin de systole.
— Crochetage = fermeture des sygmoïdes.
— Descente lente = écoulement.



Capillaire pulmonaire :

— On appelle pression capillaire celle obtenue en bloquant le cathéter dans une fine ramification. Il n'y a plus d'apport artériel, la sonde obstruant l'artère, on recueille

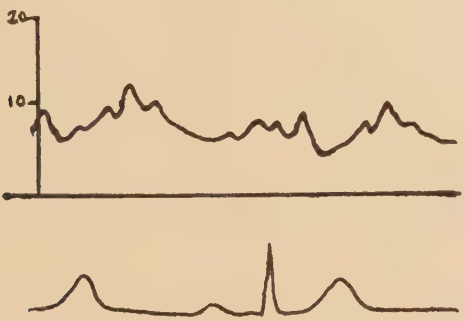
la pression en aval, c'est-à-dire celle du capillaire ; cette pression suit très fidèlement celle de l'oreillette gauche.

— 2 trains d'ondes de pression.

— Le 1er = transmission de l'onde systolique O.G.

— Le 2e = mise en tension des V.P. par l'ondée systolique.

— Le fait remarquable est que la pression capillaire varie peu.



Le tableau suivant donne les chiffres recueillis au cathéter.

Cavité	P. Syst.	P. Diost.	≃	Moyenne
VCS				5 — 13 H_2O 3 — 10 Hg
O D	4 + 10 H_2O 3 + 7 Hg	— 6 + 4 — 5 + 3	+ 5 + 10 3 + 7	— 3 + 5 — 2 + 4
V D	26 39 19 29	— 7 + 5 — 6 + 4	25 36 17 27	10 20 H_2O 7 14 Hg
A P	26 39 18 29	8 12 5 8	16 26 12 19	13 à 22 H_2O 10 à 17 Hg
Capil. pul.	2 à 15			3 à 4 Hg

Débit circulatoire.

C'est par définition le débit cardiaque.

Sa mesure se fait lors du cathétérisme par la méthode de Fick.

Principe :

L'oxygène absorbé sert à saturer le sang veineux.

On peut donc écrire : Q représentant le débit :

$$O_2 = Q\ (O_{2\ \text{artériel}} - O_{2\ \text{veineux}})$$

donc :

$$Q = \frac{O_{2\ \text{absorbé}}}{O_{2\ \text{artériel}} - O_{2\ \text{veineux}}}$$

Réalisation. — Trois mesures à faire :

O_2 absorbé : mesure difficile, nous l'avons vu au chapitre de la ventilation.

O_2 artériel : par ponction fémorale et analyse au Van Slyke.

O_2 veineux : pour avoir du sang veineux mêlé, il faut réaliser le prélèvement dans le tronc de l'artère pulmonaire.

Ces trois mesures doivent être évidemment simultanées.

Résultats :

— Le débit varie entre 3,5 et 10 litres minute.

— Pour avoir un chiffre plus aisément interprétable, on rapporte le débit à la surface corporelle, cette valeur est l'index cardiaque, il est normalement de 2,5 à 4 litres par mètre carré par minute.

Résistances.

Connaissant pression et débit, on en tire la valeur du barrage à franchir d'après la relation :

$$r = k\ \frac{\overline{Pap} - \overline{Pog}}{Q}$$

où :

r = résistance.

k = constante fonction du système d'unité utilisé.

$\overline{Pap}$ = pression moyenne dans l'artère pulmonaire.

$\overline{Pog}$ = pression moyenne dans l'oreillette gauche.

Q = débit cardiaque.

En travaillant dans le système C.G.S., les pressions étant évaluées en millimètres de Hg et le débit en litres minute :

$$k = \underset{(\text{secondes})}{60} \times \underset{(\text{Hg})}{13{,}22}$$

et on a

$$r = 60 \times 13{,}22\ \frac{\overline{Pap} - \overline{Pog}}{Q}$$

Ces deux mesures du débit et de la résistance prêtent à deux critiques :

1° Les mesures à faire sont difficiles ; elles n'ont de sens qu'en steady-state.

2° S'il existe un shunt, elles n'ont plus aucun sens.

Vitesse circulatoire :

On a coutume de mesurer la vitesse circulatoire par le temps de transit entre une veine du bras et un récepteur.

— Subjectif : le goût par le test au Dicholium.
l'odeur par le test à l'éther.

— Objectif : une cellule photo-électrique d'oxymètre après injection de bleu de méthylène, par exemple.

Le temps normal est de 5 à 9".

Ce qui est beaucoup plus intéressant est d'apprécier le temps de parcours par le sang d'un capillaire pulmonaire, c'est-à-dire le temps pendant lequel se passent les échanges.

Il a été évalué à :

0,75" au repos (Barcroft et Roughton).
0,30" à l'effort.

Au-dessous de 0,30", les échanges n'ont plus le temps de se faire normalement. Ils restent satisfaisants jusqu'à 0,35" environ.

RAPPORTS AVEC LA CIRCULATION BRONCHIQUE

Il existe un shunt physiologique par la circulation bronchique en effet.

Les artères bronchiques :

Naissent :

soit de la crosse aortique,
soit des intercostales, la 4e en particulier.

Elles se distribuent ainsi :

— Les grosses et moyennes bronches reçoivent uniquement leur sang de cette voie ;

— Les bronchioles sont irriguées de deux façons :
— A partir des artères bronchiques,
— à partir de la circulation pulmonaire.

Les veines bronchiques :

Le tiers proximal de l'arbre bronchique est drainé par les veines bronchiques et la circulation cave.

Les 2/3 distaux se drainent, eux, par les veines pulmonaires, réalisant le shunt physiologique.

Les artères de barrage ou segments d'arrêt :

Von Hayek et Delarue ont décrit sous ces noms de courtes artères court-circuitant l'artère bronchique et l'artère pulmonaire.

Ces éléments se trouvent entre deux vaisseaux parallèles de ces deux voies dans les régions sous-pleurales autour des sissures et des hiles.

Leur morphologie est très spéciale. Ces artérioles présentent une tunique musculaire particulièrement développée dont la constriction, que l'on pense permanente, s'oppose à toute circulation, d'où leur nom.

Nous verrons par la suite le jeu qu'on leur attribue actuellement.

Un deuxième type de shunt gauche droit est ainsi réalisé.

On évalue à 10 % la masse ainsi déviée de la voie normale.

VARIATIONS DES ÉLÉMENTS DE L'HÉMODYNAMIQUE

Corrélations cardio-pulmonaires :

La respiration normale chez un sujet normal ne provoque pas de grandes variations des paramètres, seuls les mouvements profonds ont une action. Par contre, chez tous les malades dont les poumons ont perdu une partie de leur souplesse, ces variations existent. Pour les objectiver, on emploie les deux épreuves classiques de Muller et de Valsalva. En clinique, on réalise couramment le test de Flack, qui n'en est qu'une variante.

Epreuve de Muller : ou inspiration forcée glotte fermée.

— La dépression créée dans le thorax se transmet à tous les éléments du médiastin ;
— Les grosses veines se gorgent de sang, le retour veineux est accéléré ;
— Le cœur se surdistend, la pression dans un 1er temps tombe ;
— Puis, sous l'effet de l'afflux veineux, la Pap remonte au-dessus de la normale dans un 2e temps ;
— Puis se rétablit enfin.

Epreuve de Valsalva : expiration forcée glotte fermée.

— Il y a chasse hors du thorax et dans un 1er temps la Pap monte ;

— Le sang chassé, le retour veineux se faisant très mal, il y a dans un 2e temps chute des pressions. Cette chute peut être importante, tant dans la grande que dans la petite circulation, allant chez les sujets musclés jusqu'à la syncope ;
— Dans un 3e temps, la pression remonte.

Chez l'emphysémateux :

Ce cycle se reproduit à chaque respiration, donnant au tracé de cathétérisme un aspect ondulant.

VARIATIONS AVEC LES CIRCONSTANCES PHYSIOPATHOLOGIQUES GÉNÉRALES

Le débit :

Nous avons dit que le poumon subissait plus ou moins le débit imposé par la grande circulation. Prenons les pressions dans ce cas, les résultats sont les suivants :

a) Pour une élévation du débit inférieure à 10 litres minute par mètre carré (Dexter), on ne note aucune variation tensionnelle, le réservoir pulmonaire s'ouvre, permettant et une augmentation de l'écoulement et un certain degré de stockage.

b) Pour les débits supérieurs, la Pap croît proportionnellement à la charge mais la tension capillaire ne varie pas.

Il y a donc adaptation de la pression au débit.

Composition du mélange inhalé :

O_2 :

— Tient une très grande place dans ces phénomènes.
— Von Euler et Lilgestrand ont montré sur le chat que l'inhalation d'un mélange à 15 % O_2 provoque une hausse de la TAP de 160 % sans modification de pression dans l'oreillette gauche.

Il y a donc eu un barrage artériolaire.

— L'inhalation d'O_2 pur abaisse la TAP de 10 à 20 %.
— Ces résultats ont été vérifiés sur l'Homme lors de cathétérismes par Cournand, Mothley et col.

CO_2 :

— Le CO_2 provoque des variations inverses, mais l'ordre de grandeur est bien moindre.

— Dans les deux cas, les mesures des résistances périphériques ont montré qu'en oxygène à 10 %, les résistances augmentent de 100 %.
— Sarcini, utilisant la pneumoangiographie, a montré dans ce cas une hypovascularisation nette avec ralentissement circulatoire.

Composition du sang pulmonaire :

O_2 et CO_2 :

— Les réactions sont inverses de celles observées en faisant varier les composants alvéolaires ; ici aussi, O_2 est dominant.

La viscosité du sang n'a de l'importance que dans les pneumopathies chroniques avec polyglobulie.

La résistance à l'écoulement dans un conduit est :

$$R = \frac{8\pi l}{Q^2} n$$

où n est la viscosité.

La résistance est donc proportionnelle à la viscosité.

VARIATIONS AVEC LES CIRCONSTANCES PHYSIOPATHOLOGIQUES LOCALES

Influences des pressions et débits :

Van Bogaert pratique chez un chien la ligature des veines pulmonaires d'un seul côté, il note une élévation de 100 % de la $\overline{Pap}$ surtout diastolique non seulement dans le poumon ligaturé mais aussi dans l'autre et dans le tronc de la pulmonaire, la tension capillaire restant comprise entre 10 et 20 mm Hg : il s'agit donc d'un réflexe artériolaire de barrage.

Pratiquant par la suite une ligature de l'une des branches de l'artère pulmonaire, il ne note dans le tronc et dans l'artère restée libre aucune hypertension mais une simple augmentation du débit du côté libre.

Il s'agit donc d'un réflexe à point de départ veineux localisé mais dont l'effet est général. Pour cet auteur, les voies de ce réflexe seraient le X et le sympathique.

Influence de la composition de l'air alvéolaire :

Nous avons déjà vu les variations globales.

Certains faits physiopathologiques éclairent sur les résultats des troubles localisés.

Heemstra ventile séparément les deux poumons : le poumon droit reçoit O_2 pur, le poumon gauche reçoit N_2 pur ; le cathétérisme montre une Pap abaissée à droite, une Pap très élevée à gauche.

Sarcini, obstruant par un ballonnet une bronche, note des pressions élevées du côté obstrué, normales de l'autre.

L'angiographie montre un débit extrêmement réduit et un temps de transit très augmenté du côté obstrué, normaux de l'autre.

Ces deux expériences prouvent que le réflexe de Von Euler est alvéolo-artériolaire sans transmission nerveuse puisque tout persiste après vagotomie et sympathectomie.

Dans le cas d'une obstruction bronchique chronique, il semble que tout se passe en deux temps :

1° Réflexe de Von Euler ;

2° Atrophie de l'arbre artériel irréversible.

Rapports avec la circulation bronchique :

Nous avons vu qu'il existait un shunt léger normal et physiologique. Ce shunt est capable de devenir important dans certaines conditions pathologiques.

Virshor, en provoquant de multiples micro-embolies pulmonaires, a pu fabriquer un barrage pulmonaire.

Dans ces conditions, il y a vu la circulation bronchique s'hypertrophier considérablement et suppléer sur le plan de la trophicité à la circulation fonctionnelle.

Trocmé, Gay et Chedal ont pu examiner deux malades atteints d'oblitération bronchique à divers stades de l'évolution. Ils ont pu, au stade ultime, préciser que :

1° La circulation fonctionnelle était presque inexistante ;

2° La circulation bronchique avait pris le relais ;

3° La circulation dans l'A.P. du côté obstrué se faisait à contre-courant avec du sang hyperoxygéné provenant des A.B.

De pareils shunts se voient également dans d'autres affections comme les D.D.B. et le cancer du poumon.

ESSAI DE SCHÉMATISATION

A l'issue de cette étude, il apparaît donc trois mécanismes :

A. - **Un mécanisme de protection capillaire :**

Apte à parer aux à-coups de tension capillaire, en deux étages :

— Un étage artériolaire. L'acte est réflexe à départ veineux conduit par le Σ et le X ;
— Un étage précapillaire. Par hypertrophie chronique des précapillaires.

B. - **Un mécanisme d'adaptation ventilation-perfusion :**

Apte à parer aux shunts occasionnés par une hypoventilation locale, dû au réflexe alvéolo-capillaire de Von Euler.

C. - **Un mécanisme de suppléance bronchique :**

Un lobule au repos voit ses segments d'arrêt s'ouvrir et la circulation bronchique suppléer à la circulation fonctionnelle.

Un trouble permanent engendrant une suppléance permanente (obstructions chroniques) avec shunt important et inversion circulatoire.

III. - DONNÉES RELATIVES A L'HÉMATOSE

L'étude de l'hématose est celle des conditions qui assurent et qui règlent les échanges gazeux entre l'air alvéolaire et le sang des capillaires pulmonaires ; l'intensité et le sens de ces échanges sont déterminés par les différences de pression partielle des gaz dans ces deux fluides.

Nous avons déjà examiné le problème de la composition de l'air alvéolaire et des pressions partielles des gaz qui le composent, aussi consacrerons-nous notre exposé à un rappel des données physiologiques concernant les gaz du sang.

L'OXYGÈNE DU SANG

Le sang fixe l'oxygène sous deux formes :

— en solution dans le plasma,
— en combinaison avec Hb.

Oxygène en solution dans le plasma :

L'agent solvant : c'est l'eau, il faut donc entendre par là l'oxygène en solution dans la phase liquide du sang qui englobe

l'eau du plasma comme l'eau des cellules sanguines. Oxygène diffusant partout.

Rappelons quelques définitions :

Pression partielle d'un gaz.

On nomme pression partielle d'un gaz dans un mélange gazeux la pression de ce gaz s'il occupait seul le volume envisagé :

$$Pg = Ng \frac{RB}{V}$$

où : Pg = pression partielle du gaz.

Ng = nombre de molécules du gaz.

R = volume molléculaire = 22,4.

B = pression barométrique.

V = volume.

dans une enceinte maintenue à la pression atmosphérique.

Lorsque le gaz est seul, Pg = B.

Lorsqu'il y a plusieurs gaz, B = Σ Pg.

On appelle pression partielle d'un gaz dans un liquide la pression partielle que ce gaz aurait dans une phase gazeuse en équilibre avec ce liquide.

On sait que lorsqu'un gaz et un liquide susceptible de le dissoudre sont laissés en contact assez longtemps pour que l'équilibre se soit établi, on a la relation :

$$\text{Gaz dissous} = K\ Pg$$

Dans le cas de l'oxygène et du sang,

$$O_2 \text{ dissous} = K\ PO_2$$

On a mesuré :

$$K = 0{,}023 \text{ pour } B = 760 \text{ mm Hg}$$

$$O_2 \text{ dissous} = 0{,}023\ PO_2$$

Si B ≠ 760, on a

$$O_2 \text{ dissous} = 0{,}023\ PO_2 \frac{B}{760}$$

Oxygène combiné avec l'hémoglobine :

O_2 se combine avec l'hémoglobine suivant la réaction :

$$X\ O_2 + Hb \rightleftarrows HB\ (O_2)^x$$

Or O_2 pèse 32 g,

Hb pèse 68 g.

Chimiquement, on a vu que 32,02 g d'O_2 s'unissent à 16,7 g d'Hb.

Donc X = 4.

La réaction correcte s'écrit donc :

$$HB + 4O_2 \rightleftarrows HB\ (O_2)^4$$

On est habitué, pour une question de commodité, à discuter sur les pressions partielles, or nous avons vu que la pression partielle est proportionnelle au nombre de mollécules ; il est donc commode d'envisager comme unité fonctionnelle de HB la quantité de Hb qui va fixer 1' O_2. On considérera donc cette quantité qui représente HB/4 et qui pèse 16,7 g comme la mollécule fonctionnelle de HB.

Notion de pourcentage de saturation :

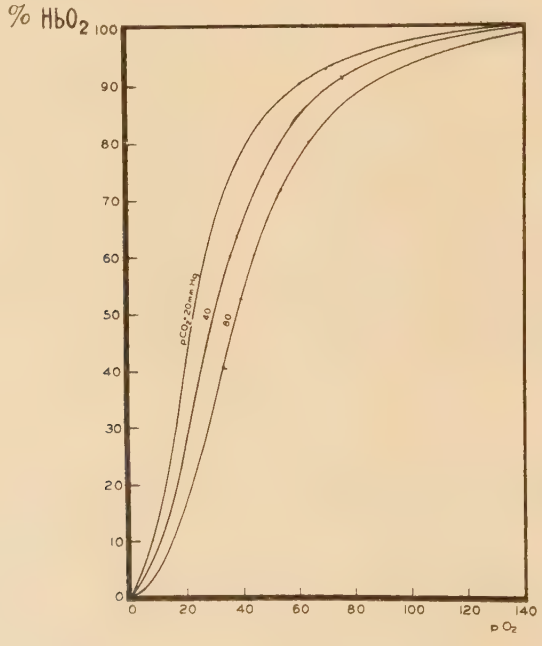
On nomme ainsi le rapport entre

$$\text{Saturation \% Hb} = 100\ \frac{Hb + HbO_2}{HbO_2}$$

Il permet de se faire une idée du rendement de l'hématose.

Barcroft a tracé la courbe de dissociation de l'hémoglobine en fonction des PO_2.

Il a remarqué que le pourcentage de saturation pour des PO_2 égales dépendait de la P CO_2, le pourcentage de saturation est d'autant plus bas que la P CO_2 est plus grande.



Il est donc toujours possible, connaissant P O_2 et P CO_2, de connaître le pourcentage de saturation de Hb.

Le CO^2 du sang :

CO_2 du plasma. — Carbamino-composés des protéines plasmatiques.

$$R — NH_2 + CO_2 \leftrightarrows R — NH — COOH$$

— CO_2 dissous : les lois de solution que nous avons vues pour O_2 s'appliquent aussi ici.

— CO_2 hydraté :

$$CO_2 + H_2O \rightleftarrows CO_3H_2$$

La vitesse de cette réaction est excessivement faible, si bien que l'on a à peu près 1.000 CO_2 pour 1 CO_3H_2 ; quoi qu'il en soit, le CO_3H_2 ainsi formé ionise :

$$CO_3H_2 \rightleftarrows CO_3H^- + H^+$$

et ce très vite. C'est sous cette forme ionisée qu'il est actif sur l'équilibre acide base.

CO^2 des globules rouges :

Composés carbaminés des protéines globulaires.

Comme dans le plasma, les protéines se carbaminent. L'une d'elles joue un rôle prépondérant, c'est l'hémoglobine.

En effet : traçons la courbe représentative de ce phénomène.

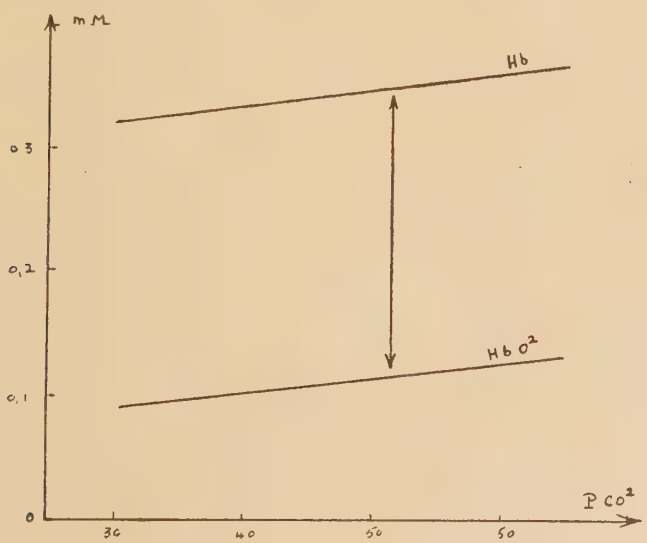
Portons :

— en ordonnée le nombre de millimol. de composés carbaminés de Hb,

— en abcisse : la P CO_2

et ce pour une solution d'HbO_2,

pour une solution de Hb.



On voit que :

1° La courbe dans les deux cas est du 1er degré.

2° Hb se combine beaucoup mieux que HbO_2.

CO_2 dissous. — S'y trouve dans les mêmes conditions que pour le plasma.

CO_2 hydraté.

$$CO_2 + H_2O \rightleftarrows CO_3H_2$$

Ici cette réaction est très rapide, grâce à la carbonic anhydrase ; immédiatement d'ailleurs.

$$CO_3H_2 \rightleftarrows CO_3H^- + H^+$$

L'hématie se trouvant alors surchargée par rapport au plasma en ces éléments :

CO_3H^- diffuse vers le plasma.

CO_3H^- sera donc en grande quantité dans le plasma, mais provient en définitive des hématies.

Voici, pour fixer les idées, un tableau donnant la composition du sang.

	artériel	veineux	différence
CO_2 total/1 L. sang	21,53	23,21	1,58
CO_2 total/1 L. plasma	15,94	16,99	1,05
CO_2 dissout	0,71	0,80	0,09
CO_3 H	15,23	16,19	0,96
CO_2 total/GR d'1 L. de sang ...	5,59	6,22	0,63
CO_2 dissout	0,34	0,39	0,05
C. Carbaminés	0,97	1,42	0,45
CO_3 H	4,28	4,41	0,13

D'après Davenport.

PROPRIÉTÉS DU SANG VIS-A-VIS DES VARIATIONS DE L'ÉQUILIBRE ACIDE-BASE

Donnons quelques définitions :

a) Il est commode de figurer l'état d'équilibre acide-base d'une solution par la mesure du nombre des ions H^+ ou OH^-.

On a convenu, à la suite de calculs théoriques sur l'équilibre acide-base de l'eau d'une unité de mesure le pH telle que :

$$x\ pH = -\ Log_{10}\ (H^+)$$

On a choisi comme neutralité étalon l'état d'équilibre acide-

(*) Lire les [ ] au lieu de ( ).

base de l'eau chimiquement pure. L'eau étant le solvant le plus habituel. Cet état correspond à un pH = 7.

b) Certaines solutions ont le pouvoir de faire varier leur équilibre acide-base lors de l'apport supplémentaire d'ions étrangers, de façon à masquer cette intrusion. On dit que ces solutions ont un pouvoir tampon.

— On définit le pouvoir tampon d'une solution comme la quantité d'ions de même nature à y ajouter pour que le pH varie d'une unité.

Le pouvoir tampon du sang.

Le sang se compose de plasma, de globules, les rouges étant les seuls ici intéressants.

— Les globules rouges interviennent de plusieurs façons :

Par leurs protéines — l'une d'elles a un rôle privilégié, c'est l'hémoglobine qui subit des variations d'oxygénation retentissant sur ses possibilités de tampon.

Par le CO_2 : nous y reviendrons en détail.

— Le plasma intervenant de deux façons :
Par ses protéines,
Par le CO_2.

Passons en revue ces différents facteurs.

Pouvoir tampon propre de Hb :

Mécanisme. — Comme toutes les protéines, Hb présente deux groupements fonctionnels dissociés, donc capables d'agir sur l'équilibre acide-base.

Le radical acide R — CO^+, OH^-
Le radical aminé R — NH^-, H^+

Evidemment, la facilité d'action de ce mécanisme dépend du pourcentage de dissociation du groupement envisagé, il est maximum lorsque 50 % du groupement est dissocié.

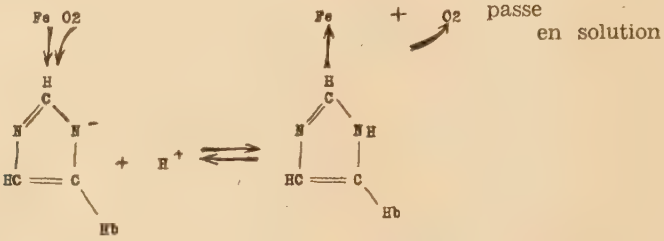
Le pH pour lequel 50 % d'un groupement est dissocié se nomme PK du groupement en question.

Dans le sang vivant, le pH doit impérativement se maintenir entre 7 et 7,8. Dans ces conditions, deux protéines de l'hémoglobine sont proches de leur pK et donc vont jouer un rôle privilégié ; ce sont :

a) La guanidine, NH CNH NH_2, mais la guanidine n'a pas de part active dans les mécanismes de l'oxydation, donc son pouvoir tampon est ce qu'il est et non susceptible de varier avec le cycle respiratoire.

b) Le groupement imidazole de l'histidine, qui supporte le fer, vecteur de O_2.

Le mécanisme sera le suivant :



Acide très dissocié — Acide peu dissocié

Mesure.

Nous allons donc avoir deux phénomènes à chiffrer.

— Le pouvoir tampon de Hb,

— Les variations en fonction de l'oxygénation.

a) Mesure du pouvoir tampon de HbO_2 :

Protocole : mettons en solution 1 mollécule fonctionnelle de HbO_2 (c'est-à-dire $Hb/O_2/4$) dans l'eau.

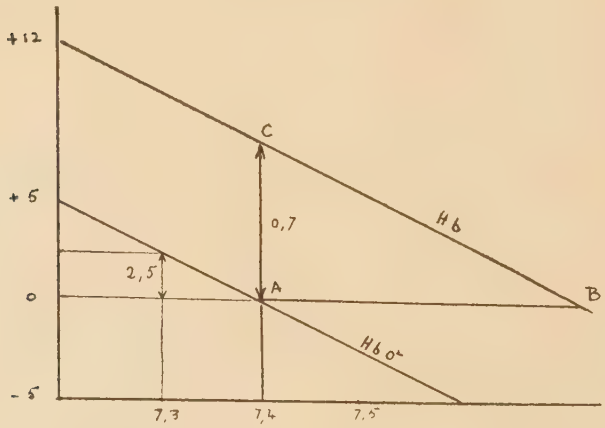
Ajoutons par milli-mollécule des acides ou des bases.

Mesurons chaque fois le pH.

Traçons la courbe en portant :

— en ordonnées : les milli-mol. de H^+ ajoutées ou soustraites,

— en abcisse : les pH.



Deux conclusions :

La courbe est du 1er degré.

Le pouvoir tampon de HbO_2 est de 2,5 milli-mol. H^+.

b) Mesure du pouvoir tampon de Hb :

Protocole : identique, mais en utilisant Hb au lieu de HbO_2 (voir figure précédente).

Deux conclusions : la courbe est parallèle à celle de HbO_2, donc le pouvoir tampon reste 2,5 ; décallée de + 0,7 H^+.

Pour fixer les idées : supposons que dans les conditions de *a*) nous partions du point A (voir figure).

La réduction de HbO_2 nous fait passer au point B.

Pour rétablir un pH = 7,4, nous devons ajouter 0,7 millimol. H^+ et nous parcourons le trajet BC.

Nous envisagerons le rôle tampon dû au CO_2 globulaire avec celui du CO_2 du plasma. En effet, nous avons vu que la PCO_2 était évidemment la même dans l'érythrocyte et dans le plasma et que la majeure partie du CO_3H^- formé dans l'hématie rejoignait le plasma.

Pouvoir tampon du plasma :

Role des protéines.

Nous avons déjà vu ce mécanisme au sujet des protéines de l'hémoglobine ; il se reproduit identique pour le plasma.

Role du CO_2.

Mécanisme. — Nous avons vu que, une fois la réaction

(a) $$CO_2 + H_2O \rightleftarrows CO_3H_2$$

réalisée par la carbonic anhydrase du globule rouge, le principal atout de stabilisation du pH était la réaction

(b) $$CO_3H_2 \rightleftarrows CO_3H^- + H^+$$

Nous allons essayer de déterminer les lois quantitatives de cette stabilisation.

Devant une réaction d'équilibre aussi simple, il est logique d'admettre qu'elle est quantitativement régie par la loi d'action des masses.

Ecrivons donc cette loi pour la réaction envisagée :

(I) $$\frac{(CO_3H^-)\ (H^+)}{(CO_3H_2)} = C$$

Essayons de faire ressortir des éléments mesurables, c'est-à-dire d'une part P CO_2 et CO_2 total du plasma Σ CO_2, le pH d'autre part.

CO_3H_2 provient de la réaction réversible (a), H_2O est en excès, donc n'intervient pas, et on peut écrire :

$$(CO_3H_2) = a\ (CO_2)$$

(*) Lire les [ ] au lieu de ( ).

d'après la loi des solutions :

$$(CO_2) = b\ P\ CO_2$$

Donc :

$$(CO_3H_2) + (CO_2) = (a + 1)\ (CO_2)$$

Ceci représente la fraction non dissociée du CO_2 plasmatique ; pour simplifier l'écriture, convenons d'appeler cette fraction non dissociée du CO_2 plasmatique $(CO_2)_P$;

on aura :

$$(CO_2)_P = (a + 1)\ b\ P\ CO_2$$

Posons, toujours pour simplifier l'écriture :

$$(a + 1)\ b = A$$

on a :

$$(CO_2)_P = A\ P\ CO_2$$

Revenons à notre loi d'action des masses. Essayons de substituer, à CO_3H_2, $(CO_2)_P$:

$$(CO_3H_2) = (CO_2)_P - (CO_2)$$

$$= (CO_2)_P \left(1 - \frac{1}{a + 1}\right)$$

$$(CO_3H_2) = \frac{a}{a + 1}\ (CO_2)_P$$

En reportant dans l'équation I, on a :

$$\frac{(CO_3H^-)\ (H^+)}{\frac{a}{a + 1}\ (CO_2)_P} = Cte = C$$

ce qui peut s'écrire :

(II) $$\frac{(CO_3H^-)\ (H^+)}{(CO_2)_P} = K \qquad \text{où } K = \frac{a\ C}{a + 1}$$

Faisons apparaître le pH en écrivant en logarithmes

$$\text{Log}_{10} \frac{(CO_3H^-)\ (H^+)}{(CO_2)_P} = \text{Log}_{10}\ K$$

(*) Lire les [ ] au lieu de ( ).

Donc :

$$\text{Log}_{10}\,(H^+) + \text{Log}_{10}\,\frac{(CO_3H^-)}{(CO_2)_P} = \text{Log}_{10}\,K$$

où

$$pH = -\,\text{Log}_{10}\,K + \text{Log}_{10}\,\frac{(CO_3H^-)}{(CO_2)_P}$$

et puisque

$$(CO_2)_P = A\ P\ CO_2$$

(III)
$$pH = -\,\text{Log}_{10}\,K + \text{Log}_{10}\,\frac{(CO_3H^-)}{A\ P\ CO_2}$$

on a mesuré $\quad -\,\text{Lg}_{10}\,K = 6{,}10$

$$A = 0{,}0301$$

en portant dans l'équation III

(IV)
$$pH = 6{,}10 + \text{Log}_{10}\,\frac{(CO_3H^-)}{0{,}0301\ P\ CO_2}$$

qui est l'équation fondamentale des pH.

Reste à exprimer, pour pouvoir s'en servir, (CO_3H^-) en termes mesurables, c'est-à-dire en $\Sigma\ CO_2$ et $P\ CO_2$.

$$\Sigma\ CO_2 = (CO_2) + (CO_3H_2) + (CO_3H^-)$$
$$\Sigma\ CO_2 = (CO_2)_p + (CO_3H^-)$$

en portant dans IV, on a :

$$pH = 6{,}10 + \text{Log}_{10}\,\frac{\Sigma\ CO_2 - (CO_2)_p}{A\ P\ CO_2}$$

et puisque $(CO_2)_p = 0{,}0301\ PCO_2$

$$pH = 6{,}10 + \text{Log}_{10}\,\frac{\Sigma\ CO_2 - 0{,}0301\ P\ CO_2}{0{,}0301\ PCO_2}$$

ce qui résume le rôle du CO_2 dans la régumation du pH.

Reprenons l'équation primitive des pH :

$$pH = 6{,}10 + \text{Log}_{10}\,\frac{(CO_3H^-)}{0{,}0301\ P\ CO_2}$$

Du point de vue représentation, si nous imaginons un système de coordonnées cartésiennes où

$x = pH$
$y = (CO_3H^-)$
$z = P\ CO_2$

l'équation représente une surface de l'espace définie et continue

(*) Lire les [ ] au lieu de ( ).

pour toutes les valeurs physiologiques de CO_3H^- et P CO_2. Les courbes de P CO_2 = Cts sont situées à l'intersection de cette surface et de plans parallèles au plan xy, c'est-à-dire (pH, $[CO_3H^-]$).

Supposons une représentation cotée où chaque plan P CO_2 = Ct est rabattu et coté sur le plan xy ainsi que son intersection avec la surface représentative, on aura un diagramme dont chaque point sera sur l'une des courbes ainsi rabattues et cotées ; dès lors, à chaque point correspondra un pH, un (CO_3H^-) et une P CO_2 définie.

C'est cette représentation que Davenport propose sous le nom de diagramme des pH. Nous allons voir que grâce à lui, on peut étudier de façon simple l'équilibre acide-base du sang.

ETUDE GLOBALE DE L'EQUILIBRE ACIDO-BASIQUE DU SANG

La régulation globale du pH représente la somme algébrique des divers facteurs dont nous avons vu qu'en définitive ils se résument à deux systèmes :

Un système fixe qui comprend tous les facteurs envisagés sauf CO_2, qui est influencé par l'oxygénation du sang.

Un système adaptable basé sur l'action du CO_2 et que la respiration, en réglant la P CO_2, ajuste à tout instant.

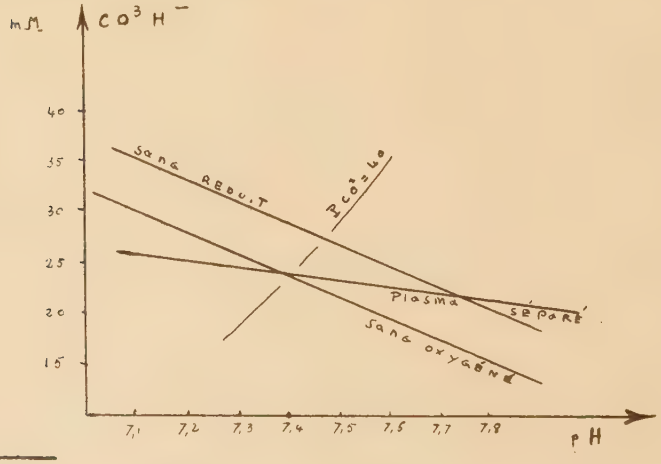
Pour objectiver ces phénomènes, faisons deux groupes d'expériences en les suivant chimiquement à l'aide de la représentation de Davenport.

a) *Premier groupe.*

1° Sur du sang normal saturé à 100 % HbO_2, faisons varier P CO_2, nous obtenons la courbe de titration du sang normal.

2° Refaisons la même expérience avec du sang désaturé.

3° Refaisons la même expérience avec du plasma déglobulisé.



(*) Lire les [ ] au lieu de ( ).

Résultats : les trois courbes sont du 1er degré.

a) Pour le sang total, qu'il soit oxydé ou réduit, la pente est la même.

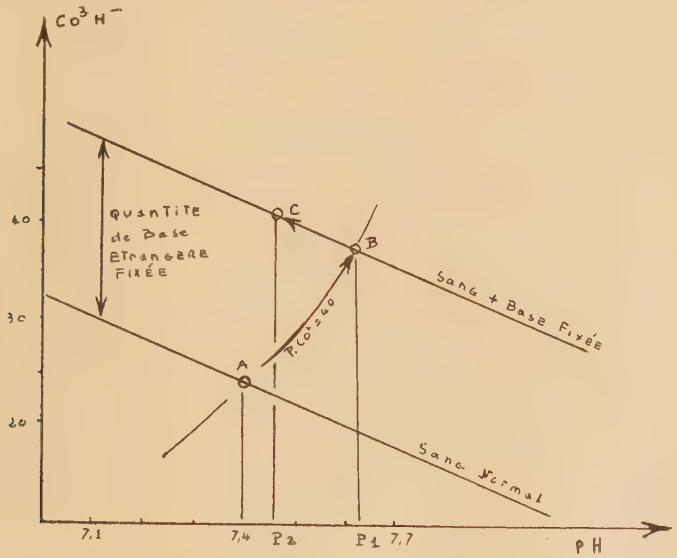
Par contre, la courbe du sang réduit est décalée vers le haut.

On retrouve ici ce que l'on a vu pour l'hémoglobine.

b) Pour le plasma séparé, la pente est beaucoup plus faible ; en effet, il n'y a plus là les protéines de l'hémoglobine et seules celles du plasma agissent.

b) *Deuxième groupe.*

Sur du sang normal oxygéné à 100 %, ajoutons une quantité connue de base étrangère puis répétons les expériences précédentes.



Le point représentatif va se déplacer comme pour le cas du sang réduit sur une droite de même pente mais décalée vers le haut de la quantité d'ions basiques ajoutés, traduits en (CO_3H^-) ; on peut donc, mesurant la différence de (CO_3H^-) à même pH, connaître la quantité de base étrangère fixée.

La même expérience avec un acide provoque les mêmes résultats mais évidemment en sens inverse.

p_1 = pH en l'absence de compensation ventilatoire.

p_2 = pH définitif compensé. La P CO_2 a augmenté.

Par conséquent, on peut suivre, sur un diagramme de Davenport :

(*) Lire les [ ] au lieu de ( ).

la contamination acide ou basique du sang,
— la réaction ventilatoire de compensation du pH.

L'acidose étrangère se mesure par la distance des deux courbes de titration.

La réaction ventilatoire par le trajet parcouru sur la courbe de titration elle-même.

En définitive : tant que le point figuratif reste sur la courbe de titration passant par A, il ne s'agit que d'une variation gazeuse. Lorsqu'il reste sur la courbe de P CO_2 = Cte passant par A, il s'agit d'une réaction métabolique pure. Les autres régions représentent l'association des deux.

Nous verrons le parti que l'on peut tirer d'une telle étude à propos des épreuves d'effort en exploration fonctionnelle respiratoire.

Ces phénomènes fondamentaux étant connus, nous pouvons aborder très simplement l'étude de l'hématose.

ÉTUDE DE L'HÉMATOSE

Tant pour l'oxygène que pour le CO_2, les phénomènes se déroulent en deux phases.

L'une, purement physique, met en œuvre un phénomène de dissolution diffusion.

L'autre, physico-chimique, rend compte de la combinaison avec les éléments du sang des gaz préalablement dissous.

En réalité, ces deux phases sont simultanées. La combinaison du gaz dissous abaisse d'autant sa pression partielle, ce qui détruit l'équilibre et déclenche la diffusion, et ceci pendant tout le séjour du sang dans la zone d'échange.

La séparation de ces phases est donc très artificielle mais il faut bien classer pour pouvoir exposer !

A. - Phase physique pure :

Nous l'envisageons aux deux pôles de l'hématose, c'est-à-dire : dans le poumon,
dans les tissus.

Dans le poumon : les conditions physiques réalisées sont les suivantes :

	PO_2	P CO_2
Gaz alvéolaire	108 — 115	40
Sang veineux	60 — 80	46 ± 2
Sang artériel	98 — 100	40 ± 2

Il va donc y avoir : passage de O_2 de l'alvéole dans le sang, passage de CO_2 du sang vers l'alvéole.

Ces échanges ne sont pas directs, ils se font en deux temps grâce au film liquidien qui sépare les capillaires du gaz alvéolaire.

Il y a :

1° Echange air alvéolaire - film alvéolaire par solution ou dégagement ;

2° Echange film alvéolaire - plasma par diffusion.

Or, si la diffusion est rapide, nous savons que la loi de dissolution est une exponentielle par rapport à la pression différentielle.

Donc les derniers mm Hg du gradient de pression seront les plus longs à s'équilibrer et le sang circule trop vite pour que cet équilibre s'établisse tout au moins pour O_2, ce qui explique en partie le gradient alvéolo-capillaire.

Une explication plus satisfaisante serait donnée par le fait que la réaction $Hb + O_2$ n'est pas non plus instantanée et que même si P O_2 artérielle = P O_2 alvéolaire, dans le capillaire pulmonaire, la combinaison avec Hb se poursuit après sortie du capillaire, faisant évidemment baisser P O_2 pour que les lois de Barcroft soient réalisées.

Dans les tissus : les conditions réalisées sont différentes.

Il n'existe pas de phase gazeuse, on a donc un simple phénomène de diffusion.

Les conditions sont extraordinairement variables d'un tissu à l'autre sans que l'on puisse fixer un chiffre moyen autrement qu'à partir des données du sang veineux mêlé, par un calcul théorique.

Donnons quelques limites extrêmes :

Dans les tissus très richement irrigués comme la thyroïde $PO_2 \simeq PO_2$ artérielle.

Dans le muscle fatigué lors de l'effort intense : $PO_2 \simeq 0$.

B. - **Phase biochimique :**

Nous n'envisagerons, tant pour O_2 que pour CO_2, que la prise en charge, la restitution correspondant au mécanisme inverse.

Prise en charge de l'oxygène : elle est simple. Nous partons d'une PO_2 dans le plasma de 100 mm Hg environ et une $PCO_2 = 40$ mm Hg.

Les courbes de Barcroft nous indiquent que la réaction $Hb + O_2 \rightarrow HbO_2$ va se produire jusqu'à ce que $\frac{HbO_2}{Hb + HbO_2}$, c'est-à-dire le pourcentage de saturation, soit = 96 à 98 %.

Prise en charge du gaz carbonique :

Elle est beaucoup plus compliquée.

Le CO_2 pénètre dans le sang, nous l'avons vu, sous forme de CO_2 dissous ; dès lors il diffuse partout, si bien que P CO_2 est la même dans le plasma et dans les hématies.

Ce CO_2 dissous va se modifier : dans le plasma,
dans les hématies.

Dans le plasma : une partie du CO_2 plasmatique se combine avec les protéines du plasma :

$$CO_2 + R — NH_2 \rightarrow R\ NH — C\ OO\ H$$

Insistons sur le fait que cette réaction dépend uniquement de (CO_2), donc de la P CO_2 ; elle n'a subi aucune influence de l'état d'oxygénation du sang.

— Une partie du CO_2 plasmatique s'hydrate :

$$CO_2 + H_2O \rightleftarrows CO_3H_2$$

Cette réaction est extrêmement lente, nous l'avons vu, et correspond à peu près à 1.000 CO_2 pour 1 CO_3H_2 ; le peu d'acide ainsi formé ionise suivant la réaction :

$$CO_3H_2 \rightleftarrows CO_3H^- H^+$$

Dans le globule rouge :

Combinaison aux protéines :

$$CO_2 + R\ N\ H_2 \rightleftarrows R\ N\ H\ CO\ OH$$

Il y a ainsi des composés carbaminés des protéines non spécifiques qui suivent les mêmes règles que les composés carbaminés du plasma.

Il y a surtout les composés carbaminés de l'hémoglobine dont nous avons vu qu'ils étaient sensibles à l'oxygénation, Hb se carbaminant mieux que HbO_2.

Hydratation :

Ici, comme dans le plasma, on a :

$$CO_2 + H_2O \rightleftarrows CO_3H_2$$

mais alors que dans le plasma cette réaction est trop lente, ici, grâce à la carbonic-anhydrase, cette réaction est très rapide. Par la suite :

1° $$CO_3H_2 \rightleftarrows CO_3H^- + H^+$$

ces deux éléments ont une destinée différente.

H^+ va être tamponné par Hb. En effet, dans ce sang veineux, HbO_2 vient de devenir Hb et nous avons vu que dans ces conditions Hb/4 peut tamponner 0,7 mili mol H^+.

CO_3H^- va diffuser vers le plasma. En effet :

(CO_3H^-) augmente dans l'hématie, le plasma devient donc pauvre en CO_3H^-. Il y a donc diffusion obligatoire de CO_3H^- de l'hématie vers le plasma.

2° Cette diffusion a créé un déséquilibre ionique. Le plasma s'est surchargé en ions $-$ par rapport à l'hématie ; de plus, HbO_2, acide fort, devenant Hb acide faible, a libéré des bases en excès dans le G.R., ce qui accentue le déséquilibre.

Il faut donc soit pénétration d'ions $-$ dans l'hématie, soit issue d'ions $+$ hors de l'hématie.

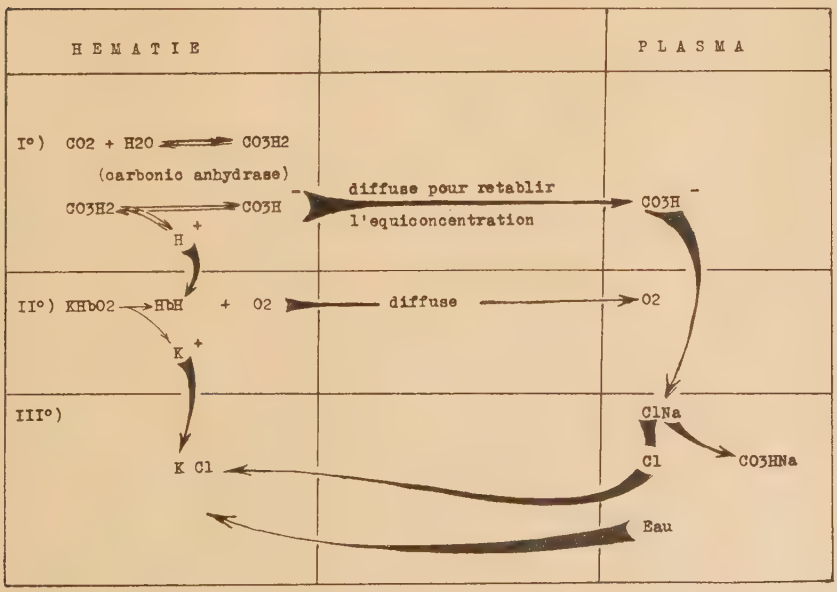
La membrane cellulaire du G.R. est imperméable aux ions $+$ mais autorise, par un phénomène de surface, la combinaison avec ses bases du Cl^- plasmatique.

On a donc en définitive : Sortie de CO_3H^-
Remplacé par le Cl^-.

3° Cl^- dans l'hématie se combine au K^+ relâché par HbO_2 pour donner ClK. Or ClK est une petite mollécule qui a par conséquent une très forte action sur la pression osmotique et le G.R. surcharge en ClK va se trouver hypertonique par rapport au plasma.

Il y a donc passage d'eau du plasma vers l'hématie, autrement dit le G.R. a gonflé.

Voici schématisé le film du transport du CO_2 par l'hématie.



B) DONNÉES PHYSIOLOGIQUES

RELATIVES AUX ÉPREUVES D'EFFORT

Nous parlerons conventionnellement dans les pages qui suivent d' « effort musculaire » ; il s'agit en fait d'un « travail musculaire » important par sa durée et son intensité, convenu d'avance et effectué volontairement par un sujet dans des conditions déterminées et standardisées.

La réalisation de ce travail ne met pas seulement en jeu l'activité spécifique du muscle, elle déclenche des réactions d'adaptation, des synergies, dans les domaines respiratoire, circulatoire, thermorégulateur, métabolique, et retentit pratiquement sur toutes les fonctions.

Il n'a pas semblé indiqué de rappeler l'état actuel de nos connaissances sur la biochimie de la contraction musculaire et les mutations de matière et d'énergie qui sous-tendent l'activité mécanique du muscle strié squelettique.

Rappelons seulement trois faits essentiels reconnus depuis longtemps, qui se retrouvent sous des modalités plus ou moins complexes et différentes lors des étapes intermédiaires dans les conceptions plus récentes :

α) Le travail mécanique des muscles augmente leur consommation d'oxygène et leur rejet de gaz carbonique.

β) Les muscles peuvent développer leur activité en l'absence d'oxygène moyennant la contractation d'une « dette » qui sera réglée ultérieurement pendant la période de restauration ou de repos ; les oxydations ne fournissent pas en effet essentiellement l'énergie transformée en travail mécanique, mais interviennent plutôt dans les phénomènes de reconstruction.

γ) L'activité du muscle se solde par la production de métabolites acides divers, dont le CO_2, et par la libération d'ions. Ces substances, en diffusant, joueront un rôle dans les réactions d'adaptation générale de l'organisme, que nous nous proposons d'esquisser.

Nous envisagerons successivement :

- l'étude de l'adaptation à l'effort chez le sujet sain ;
- un essai d'interprétation.

1° ÉTUDE ANALYTIQUE DE L'ADAPTATION A L'EFFORT CHEZ LE SUJET SAIN

Nous allons envisager les différents paramètres :

— respiratoires,
— circulatoires,
— métaboliques

chez un sujet sain soumis à des efforts d'intensité constante pendant une durée donnée ; type des efforts proposés au cours des épreuves fonctionnelles respiratoires.

a) Paramètres respiratoires :

1) Evolution des paramètres au cours de l'épreuve.

La ventilation.

Le débit ventilatoire évolue en trois périodes :

Adaptation :

— montée progressive,
— dure 5 à 10 minutes suivant la charge.

Steady-state :

— plateau où se maintient la V.M. pendant l'épreuve ;
— en réalité, il s'agit toujours d'une courbe ascendante mais la pente en est très minime.

Récupération :

— descente progressive du débit jusqu'à son taux initial ;
— dure de trois à dix minutes suivant la charge et les possibilités du sujet.

Rejet de CO_2.

Suit une évolution calquée sur celle de la V.M.

Prise d'oxygène.

Adaptation plus courte que celle de la ventilation :

— dure 2 minutes en moyenne.

Steady-state :

— le plateau de la consommation d'O_2 est plus strict que celui de la V.M.

La récupération :

— se mesure par la dette d'oxygène ; elle doit être inférieure à 5 % à la 3e minute de récupération.

2) Notion d'effort toléré.

Subjectivement :

Un sujet peut apprécier si un effort accompli est dans l'ordre de ses possibilités ou les dépasse en se basant sur des sensations subjectives comme l'essoufflement, les palpitations de cœur, les douleurs musculaires.

Objectivement :

Sur les courbes spirométriques, on peut avoir deux types de réponses :

Type A. — Les trois paramètres respiratoires ont l'évolution cyclique décrite, à savoir :

- adaptation dans un délai correct.
- steady-state horizontal pour O_2 et CO_2, VM n'augmentant pas de plus de 5 % entre la 10e et la 20e minute de l'effort.
- récupération :
  - pour O_2 inférieure à 3 minutes.
  - pour CO_2 et Vt dans les délais prévus par rapport à la charge.

On a le type de l'effort toléré, c'est-à-dire qu'il existe un steady-state où les échanges respiratoires équilibrent exactement les besoins (tout au moins au point de vue spirométrique) et où la liaison muscle-poumon est assurée correctement par un débit sanguin approprié.

Type B. — Les trois paramètres ont des évolutions différentes :

- O_2 et CO_2 dessinent bien un plateau mais la récupération est trop lente.
- VM, par contre, ne cesse de s'accroître pour devenir proche et parfois même dépasser le M.B.C. tout en entraînant une sensation pénible de dyspnée qui oblige le sujet à abandonner l'épreuve.
- nous avons là le type de l'effort non toléré : il n'y a jamais eu d'équilibre entre les recettes et les dépenses.

L'équipe de Nancy a montré que :

- si VM augmente de plus de 5 % entre la 10e et la 20 minute de l'effort, on observe toujours une évolution de type B ;
- donc, selon eux, le gain de Vt entre la 10e et la 20e minute constitue un critère valable d'adaptation.

3) Notion d'effort maximum toléré.

En répétant les épreuves d'effort de 20 W en 20 W, on détermine finalement deux charges :

$$A \text{ et } B, \text{ où } B = A + 20 \text{ W}$$

telles que

A donne une réponse d'épreuve tolérée ;

B donne une réponse d'épreuve non tolérée.

On dira que A représente pour le sujet examiné et à cette époque de sa vie la puissance maxima supportée (PMS).

L'équipe de Nancy a montré que même poursuivie sur 40 minutes, l'épreuve restait alors toujours tolérée.

Par contre, l'épreuve B ne l'était qu'exceptionnellement mais toujours au prix d'une hyperventilation considérable.

Il s'agit donc bien de l'effort maximum toléré par le sujet.

La PMS représente donc en exploration fonctionnelle respiratoire une constante très importante pour dresser le bilan d'un sujet.

Précisons tout de suite et insistons sur le fait qu'un même sujet, après entraînement, peut élever considérablement sa PMS. Ce fait nous paraît très important dans l'interprétation des résultats chez les malades qui sont la plupart du temps des sujets sous-entraînés.

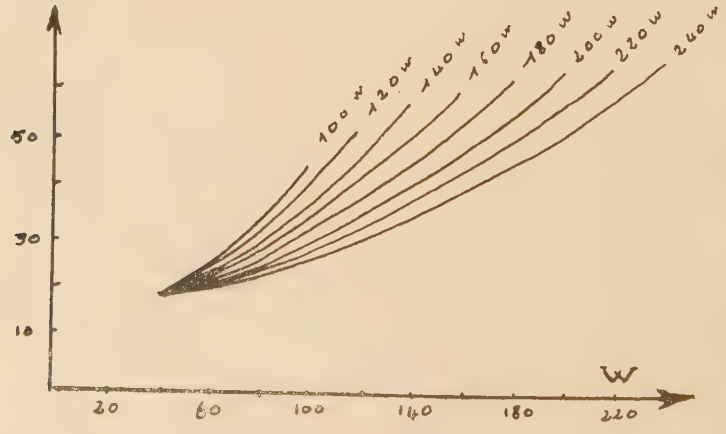
4) Etude des paramètres lors du steady-state en fonction de la charge.

La VM.

La réponse brute est très disparate d'un sujet à l'autre (autant que le sont les individus).

Par contre, si l'on rapporte la puissance pratiquée à la PMS, on obtient alors des réponses ventilatoires très comparables.

La figure ci-contre montre les courbes théoriques de la VM en fonction de la puissance imposée des sujets classés suivant leur PMS.



Ce schéma n'a bien sûr qu'une valeur statistique, mais il permet de moins tâtonner sur le plan pratique pour la détermination de la PMS lors des épreuves fonctionnelles.

La prise d'oxygène.

La réponse est ici très peu dispersée.

De très nombreux travaux montrent que la prise d'O_2 est à peu près proportionnelle à la charge.

Nielsen admet que

$$\text{Cons. } O_2/\text{mn} = \frac{W}{80} + \text{Cons. de base}$$

Lors des efforts affleurant la PMS, la prise d'O_2 est un peu supérieure aux chiffres ainsi prévus ; cela tiendrait au fait que l'hyperventilation ainsi exigée entraîne à son tour une consommation d'O_2 qui n'est plus alors négligeable.

On a voulu ainsi chiffrer le coût de la Vt lors de la PMS : le coût de la Vt représente environ 9 % ; il s'élève à plus de 20 % lors d'efforts supérieurs et *a priori* non tolérés.

Rejet de CO_2.

A première vue, l'évolution reste analogue ; toutefois, aux grands palliers d'effort, la Cons. O_2 monte moins que le rejet de CO_2.

Ainsi le QR s'élève en même temps que l'on se rapproche de la PMS, étant de 0,83 pour 40 W, voisin de 1 pour la PMS, s'élève au-dessus de 1 après la PMS, s'élève beaucoup plus chez les sujets non entraînés ou peu aptes que chez les autres.

On admet que le QR représente le taux des métabolismes cellulaires et en tire son intérêt.

Nous verrons que lors de l'effort, on ne peut pas lui garder sa signification habituelle, ce qui explique qu'il puisse s'élever au-dessus de 1.

Nous ne dirons rien des équivalents respiratoires pour O_2 et CO_2, qui n'ajoutent rien aux notions apportées par les éléments qui les composent.

Disons seulement que la comparaison des E.R. pour O_2 et CO_2 permet dans certains cas de se faire une idée très approximative de la perméabilité de la membrane alvéolaire.

b) **Paramètres circulatoires :**

1) Paramètres de la grande circulation.

Le débit cardiaque.

Lequime et Denolin ont mesuré par la méthode de Fick

le débit cardiaque en fonction de la charge chez 45 sujets normaux ; nous empruntons leurs résultats. Ces mesures ont été pratiquées évidemment en steady-state.

— le débit croît linéairement avec la charge ;
— l'élévation est de 600 à 900 cm^3 par 100 cm^3 d'O_2 consommé en plus de la consommation de base ;
— on a donc très approximativement :

$$600 \frac{\text{Cons. } O_2 - B}{100} \leqq Q - Qo \leqq 900 \frac{\text{Cons. } O_2 - B}{100}$$

Nous n'avons pas connaissance de mesures faites au delà de la PMS.

La tension artérielle.

S'élève toujours lors de l'effort.

Cette élévation porte surtout sur la maxima.

Lors de grands efforts non tolérés, nous avons observé des élévations impressionnantes de la T.A. jusqu'à 30/10, la T.A. au repos étant de 13/8 chez un militaire du contingent ayant effectué un effort de 250 W pendant 8 minutes.

Les chiffres moyens que nous observons au cours de nos épreuves d'effort sont de 6 pour la maxima et 1 pour la minima.

Les circulations locales.

Dans le muscle au travail, on observe :
— une vaso-dilatation intense,
— une augmentation intense du débit local,
— une fermeture des circuits de dérivation.

Dans les autres territoires :
— une vaso-constriction ; elle assure la permanence du débit local malgré l'hypertension générale.
— Ces deux réactions locales assurent la dérivation dans le muscle au travail du surplus de débit fourni par le cœur.

Le rythme cardiaque s'élève toujours au cours de l'effort : il est un des facteurs de l'augmentation du débit avec le volume de l'ondée systolique.

Cette élévation se fait en deux temps (Marklen) :
— Une élévation initiale qui serait due pour cet auteur à un mécanisme purement nerveux, action psychique inter-centrale et élévation du tonus propre des cardio-accélérateurs ; c'est, si l'on veut, la mise en train : elle est immédiate et permet la précocité de l'élévation de la prise d'oxygène.

— Une accélération secondaire sous la dépendance à la fois d'un mécanisme nerveux réflexe et d'un mécanisme humoral ; c'est, si l'on veut, l'accélération d'adaptation réelle.

Cette action se poursuit après cessation de l'effort pendant le temps de la récupération sous, toujours d'après cet auteur, la dépendance des métabolites de la contraction musculaire.

Le taux de cette accélération est très variable suivant les individus et nous n'avons pas trouvé d'opinion formelle quant au chiffre à considérer comme normal.

Nous avons l'habitude, dans le service, de considérer qu'une accélération amenant le rythme à plus de 150 a des chances d'être pathologique et nous considérons ce chiffre comme la limite à ne pas dépasser.

2) Paramètres de la petite circulation.

Le débit.

Il est le même par obligation que dans la grande.

Le problème des shunts physiologiques n'est pas élucidé.

La pression dans l'artère pulmonaire.

Il y a peu d'élévation de la PAP moyenne, elle reste comprise dans les efforts envisagés entre 8 et 20. Lequime et Denolin n'ont jamais observé d'élévation importante de la PAP.

Le retour à la normale après cessation de l'effort est très rapide.

La pression capillaire.

Il n'y a jamais eu dans les expériences citées d'élévation de la pression capillaire.

c) **Paramètres biologiques :**

1) *Le pH.*

Chez les sujets effectuant un effort au-dessous de leur PMS, on observe une acidose nette lors des 3e et 4e minutes puis un retour à la normale vers la 5e minute.

Chez les sujets effectuant un effort égal à leur PMS, on observe une acidose secondaire très faible vers la fin de l'épreuve, faisant suite, bien sûr, à l'acidose transitoire des 3e et 4e minutes.

Chez les sujets effectuant un effort au-dessus de leur PMS :

— une acidose progressive tout au long de l'épreuve. Sadoul, Saunier et Milic-Emily ont observé des pH

chutant à 7,28 avec une P CO_2 à 23 mm en fin d'épreuve ;
— la lactacidémie et la pyruvicémie, normalement de 13 mg/100 cm^3, s'élève à 200 (Bugard).

2) *Les électrolytes.*

Le muscle s'imbibe d'eau, gagne du sodium, perd du potassium.

Le tout déclenche un hyperaldostéronisme, donc :
— dans un premier temps : élévation de la caliémie ;
— dans un second temps : baisse de la caliémie par le fait de l'hyper-aldostéronisme.

Le rein diminue son débit de Na mais aussi, par corrélation, sa lutte contre l'acidose.

Dans le sang, on note :
— une hyper-glycémie initiale, puis baisse qui ne devient marquée que dans le cas d'épuisement ;
— une hémoconcentration par
perte d'eau : dans le muscle, dans le poumon par hyperventilation, dans les territoires cutanés par sudation ;
chasse des organes réservoirs, chasse splénique, chasse du réservoir veineux.

2° ESSAI D'INTERPRÉTATION

1° Participation de chaque élément :

a) Role de la respiration.

Le poumon a deux rôles à assurer :
— assurer une saturation oxyhémoglobinée correcte ;
— assurer l'épuration en CO_2 du sang veineux qu'il reçoit et par là ajuster, le cas échéant, le pH du sang artériel.

Assurer une saturation oxyhémoglobinée correcte.

La saturation dépend, nous l'avons vu :
— de la P O_2,
— de la P CO_2.

A chaque P O_2 et P CO_2 donnée ne correspond qu'une seule valeur possible de la saturation.

Le seul moyen dont dispose le poumon est donc de
régler la P O_2 alvéolaire,
la P CO_2 alvéolaire,
et ce en faisant varier sa ventilation.

L'incitation à la réponse hyperventilatoire étant assurée par
— le réflexe articulaire au départ,
— les variations de saturation par la suite.
selon deux mécanismes :
— direct sur les chémorécepteurs,
— indirect en sensibilisant les centres respiratoires à l'action du CO_2.

Ce mécanisme nécessite une désaturation.

Moyens de contrôle clinique de cette fonction :

Etude spirométrique de la prise d'oxygène.
— elle ne dépend pas que du poumon,

Cons. O_2 = (O_2 art. — O_2 vein.) × débit

le poumon ne contrôle que O_2 artériel ;
— sa comparaison au taux de l'effort ne peut donc renseigner que sur la somme de ces trois facteurs.

Etude de l'oxymétrie.

La non-variation du taux de saturation implique un fonctionnement pulmonaire correct.

La désaturation ne signifie pas obligatoirement la faillite de la fonction pulmonaire ; en effet, elle peut être due :
— à un shunt ouvert par l'effort ;
— à une augmentation trop importante du débit rendant le temps des échanges trop court (< 0,35") ;
— à un vice du fonctionnement pulmonaire enfin.

La comparaison de ces deux résultats permet de localiser hors du poumon le trouble si, avec une mauvaise prise d'O_2, on a quand même une saturation normale.

Assurer l'épuration en CO_2 du sang veineux.

Autrement dit, assurer une P CO_2 artérielle normale.

La P CO_2 artérielle = la P CO_2 alvéolaire.

Donc, en définitive, assurer une P CO_2 alvéolaire normale.

Le point le plus délicat est précisément de dire quelle est cette P CO_2 artérielle normale. En effet : de la P CO_2 dépend le pH.

Il semble toutefois qu'une P CO_2 inchangée et *a fortiori* abaissée témoigne d'un fonctionnement pulmonaire correct.

Le seul moyen dont dispose le poumon pour régler la P CO_2 est encore de faire varier sa ventilation.

L'incitation a la réponse ventilatoire est assurée par
— tout d'abord, nous l'avons déjà dit, le réflexe à point de départ articulaire ;
— puis par les variations de P CO_2,
de pH.

P CO_2 agissant :

— directement sur les centres respiratoires ;
— par réflexe à partir des chémo-récepteurs.

Le pH agissant :

— sur les centres :
  — action directe,
  — action indirecte en augmentant la sensibilité des centres au CO_2 ;
— sur les chémo-récepteurs :
  — action réflexe très discrète.

Contrôle de cette fonction :

— Etude spirométrique du rejet de CO_2.

Elle ne dépend pas que du poumon,

CO_2 rejeté (CO_2 vein. — CO_2 art.) $\times$ débit

Le poumon ne contrôle que CO_2 artériel.

Sa comparaison avec la prise d'oxygène n'a pas pendant l'effort le même intérêt qu'au repos. En effet, tant qu'il n'y a pas d'acidose à compenser, on peut effectivement comparer ces deux valeurs car le CO_2 rejeté provient alors uniquement des combustions.

Dès qu'apparaît une acidose métabolique, il y a dissociation des bicarbonates pour la compenser et au CO_2 que nous dirons « énergétique », vient s'ajouter celui qui provient de la décomposition des bicarbonates.

Dès lors le QR n'a plus de sens, ce qui, d'ailleurs, explique qu'il puisse s'élever au-dessus de l'unité.

Etude chimique de la répartition du CO_2.

Nous avons vu que par l'usage du diagramme de Davenport, on pouvait connaître, avec une précision suffisante pour ce qui nous occupe, l'équilibre acido-basique du sang à un moment donné.

La mesure du CO_2 total et du pH permet, par comparaison avec ces mesures au repos, de savoir au moment où est effectuée la prise de sang artériel :

— quelle est la P CO_2 ;
— quelle est l'acidose métabolique ;
— donc quelle a été la réponse ventilatoire.

C'est là, croyons-nous, le seul moyen valable de contrôle de cette fonction.

Dans le cas où il n'existe pas d'acidose métabolique, la non-variation de la P CO_2 et *a fortiori* sa diminution témoigne d'une bonne ventilation alvéolaire et d'une bonne fonction pulmonaire à ce point de vue du moins.

Dans le cas où existe une acidose métabolique, si la compensation gazeuse existe à un taux suffisant, le poumon a rempli son office.

Le point le plus délicat est bien sûr de dire quel est le taux que l'on doit considérer comme suffisant.

b) Rôle de la circulation.

La grande circulation générale :

Le débit cardiaque doit s'élever pour permettre l'approvisionnement des circulations locales.

Cette élévation s'accompagne de :
— accélération du rythme,
— élévation de la T.A.

La grande circulation locale :

Dans le territoire des muscles qui travaillent, il doit y avoir :
— vaso-dilatation intense sous l'influence de l'augmentation locale de P CO_2 ;
— augmentation considérable du débit sous l'influence à la fois de la vaso-dilatation et de l'hypertension.

Dans les autres territoires, il doit y avoir vaso-constriction pour maintenir le débit dans les limites normales et ainsi permettre la déviation d'une quantité suffisante de sang vers le territoire qui travaille.

La petite circulation.

Le débit doit être accepté sans élévation de la PAP.

Le lit vasculaire doit s'ouvrir, la surface ouverte à l'hématose passant ainsi des 38 m^2 offerts au repos aux 60 m^2 de la surface totale.

La vitesse circulatoire ne devant pas monter au-dessus d'un chiffre laissant les échanges se poursuivre pendant au moins 0,35 seconde.

Moyens d'exploration clinique de cette fonction :

Etude du pouls. — Elle n'apporte pas des éléments très précis, un pouls lent ne signifie pas que le débit est correct ; de même, un pouls rapide n'est pas synonyme de mauvaise adaptation ; toutefois, c'est un signe de présomption valable.

Etude de la T.A. — On pourrait répéter ce qui vient d'être dit pour le pouls. Une hypertension notable semble témoigner d'une bonne adaptation cardiaque mais d'une mauvaise vaso-dilatation locale.

Etude du débit cardiaque. — C'est évidemment la méthode

de choix pour juger de l'adaptation centrale de la circulation, mais elle nécessite des manœuvres qui rendent l'obtention d'un régime stable au cours de l'effort bien aléatoire.

En définitive, il est très difficile de juger de l'adaptation de la circulation centrale et presque impossible de juger de l'adaptation locale.

Le seul test qui paraisse logique est celui de la limitation de la prise d'oxygène, qui atteint un pallier qu'elle ne peut dépasser, en dépit d'une ventilation qui croît progressivement, du fait de la limitation du débit cardiaque.

d) Role du facteur musculaire.

Le muscle non fatigué nécessite, pour travailler, un certain nombre de conditions :

— alimentation correcte
  — en combustible :
    — réserves glycogéniques,
    — reconstitution de ces réserves au fur et à mesure des besoins.

  en comburant :
  — oxymétrie normale,
  — débit suffisant de ce sang bien oxygéné.

— élimination correcte des déchets
  — de la combustion : CO_2, H_2O ;
  — des métabolites parasites :
    — matériel acide,
    — ions.

En cas de non satisfaction de ces besoins, on assiste à

— baisse du rendement avec
  — surproduction de CO_2,
    de matériel acide ;
  — accroissement des besoins en O_2.

Dans le cas du muscle fatigué, on assiste en plus à des échanges ioniques importants et à la mise en route de phénomènes endocriniens.

Contrôle de cette fonction :

Mesure du pH théorique sans compensation gazeuse : par le diagramme de Davenport, on peut connaître quelle est la quantité d'acide apparu dans l'organisme.

Cet acide ne pouvant provenir que du muscle, on a déjà là un élément.

Mesure des concentrations ioniques : par la pratique d'un ionogramme avant et pendant l'effort, on peut suivre :

— la libération de K,

— la fuite de Na.

Mais il est un problème qui semble, du moins théoriquement, lié à celui du fonctionnement musculaire, c'est celui de la dette d'oxygène.

En l'absence de désaturation du sang artériel, une dette d'oxygène ne peut témoigner d'autre chose que d'une nécessité pour l'organisme de terminer la combustion inachevée de métabolites parasites, donc de la présence de ces métabolites ; la part étant faite des besoins énergétiques d'une éventuelle hyperventilation et d'une éventuelle augmentation du débit sanguin.

Les épreuves pratiquées sont trop courtes pour qu'il soit nécessaire de suivre la glycémie.

d) Role du rein.

En cas d'acidose métabolique, le rein entre lui aussi en jeu pour détruire cette acidose par :

— diminution de l'excrétion des ions basiques et fabrication d'NH_3 ;

— excrétion d'ions H^+ ;

— excrétion d'ions acides : phosphates di-acides au lieu des phosphates mono-acides.

Le contrôle clinique de cette fonction permettrait sûrement de mieux suivre nos épreuves.

2° **Déroulement des différentes phases de l'effort :**

a) Effort inférieur a la PMS.

Adaptation :

— Mise en route : l'effort demandé étant un effort rectangulaire, d'emblée le muscle donne la charge totale sans contrepartie d'apport.

Il y a, pendant les 2 minutes que met la consommation d'O_2 à s'adapter :

anoxie relative,

accumulation de métabolites acides qui en témoignent.

Ceci explique l'acidose décrite par Sadoul, Saunier et Milic-Emili lors de la 4e minute de l'effort.

— Adaptation : l'incitation nerveuse provoquée par

— l'anoxie initiale,

— l'accumulation de CO_2,

de métabolites acides,

déclenche l'hyperventilation.

On assiste alors à

l'augmentation de la prise d'O_2,
de la ventilation,
du rejet de CO_2.

Remarquons simplement que la prise d'O_2 augmente bien plus vite que la ventilation ; il y a chute importante de l'E.R., ce qui nous a toujours incité à penser que ce n'était pas le plus souvent aux possibilités du poumon que revenait la non adaptation.

Dès cette période, l'acidose du départ se répare, ce qui explique le fait que très souvent la consommation d'O_2 de la 4e minute s'élève un peu au-dessus du plateau du steady-state.

Steady-state : il y a équilibre entre

— les besoins,
— les apports.

Un problème nous a toujours inquiété : les mesures chimiques faites à la fin de l'effort montrent souvent :

— une oxymétrie normale,
— une P CO_2 abaissée,
— une réaction acidosique métabolique minime bien compensée par la P CO_2.

Ces sujets hyperventilent... Pourquoi ? Aucun des excitants classiques de la ventilation ne peut être invoqué, pourtant ils ventilent à un taux suffisant pour que ces excitants n'apparaissent pas.

La récupération. — Nous retrouvons là le problème de la dette d'O_2 chez le sujet sain et dans le cas qui nous occupe, cette dette est payée en moins de 3 minutes.

La ventilation retombe à son taux normal très peu après la consommation d'O_2.

b) Effort supérieur a la PMS.

L'adaptation suit le même schéma que dans le cas précédent mais l'acidose initiale ne se répare pas et va s'aggraver par la suite.

Le steady-state n'existe pas ici et suivant le cas, on voit :

— soit une simple acidose progressive bien compensée par la chute de la P CO_2, mais elle suffit à entraîner une hyperventilation considérable qui, par la sensation de dyspnée qui l'accompagne, oblige à l'abandon ;
— soit une acidose aggravée par une élévation de la P CO_2 ;
— soit à la fois une acidose,
une élévation de la P CO_2,
une désaturation.

La récupération est alors très longue, avec grosse dette d'O_2.

DEUXIEME PARTIE

RECHERCHES ORIGINALES

Si telles sont les idées que l'on pourrait *a priori* avoir du mécanisme de l'effort à partir des données classiques chez le sujet sain, chez nos malades, bien des points ne nous paraissent pas très bien entrer dans ce cadre :

— l'importance de l'acidose métabolique observée ;

— la fréquence et l'importance de la dette d'O_2, alors que l'épreuve paraissait bien tolérée par ailleurs ;

— la fréquence des gros gains de ventilation en cours d'épreuve contrastant avec des données chimiques très correctes ;

— l'extrême fréquence de ventilations importantes, alors que l'on observe :

une P CO_2 abaissée,
une oxymétrie normale,
un pH à peine diminué.

Nous avons donc rassemblé 85 dossiers d'épreuve d'effort pour essayer, par leur étude, de trouver les corrélations possibles entre ces différents points.

A) TECHNIQUES ET MÉTHODOLOGIE

I. - LE MATÉRIEL UTILISÉ

Le pulmotest de Goddart :

est composé de deux cloches munies chacune d'un dispositif inscripteur de volume :

l'une fonctionne comme spiromètre,

l'autre comme réservoir d'oxygène.

Un système de canalisations relie le spiromètre à un embout buccal réalisant un circuit fermé. Une pompe à air détermine dans ce circuit un courant d'air de débit variable pouvant atteindre 300 l/mn lors des grosses ventilations.

Un bac à chaux sodée est monté en série sur le circuit, sa grande contenance et sa réfrigération permettent de débarrasser le circuit ventilé du CO_2 avec un bon rendement.

Un système d'humidification de l'air permet d'éliminer le facteur vapeur d'eau ainsi que de réchauffer les gaz de façon à éliminer également le facteur dilatation des gaz.

La cloche fonctionnant comme réservoir d'O_2 est reliée au circuit ventilé par une valve électro-magnétique dont l'ouverture est commandée par un contact porté par l'inscripteur du spiromètre ; ce contact coulisse sur une tige isolée jusqu'à un niveau réglable, si bien que tout déplacement supérieur du tracé est corrigé par une injection correspondante d'O_2 pur ; dès lors, le tracé de l'inscripteur de la cloche à oxygène représente la consommation d'O_2.

Nous avons apporté quelques modifications à ce dispositif :

Lors des essais préliminaires, on observait en fin d'effort des concentrations gazeuses inacceptables dans le circuit ventilé :

O_2 ..... 15 %

CO_2 ..... 4 %

et ce en dépit d'une compensation très correcte par la cloche réservoir d'O_2 et du bon fonctionnement de la chaux sodée.

Nous avons donc décidé :

1° De monter en série sur le circuit ventilé un réservoir de 100 litres, qui va servir à diluer les gaz, donc les erreurs ; ce dispositif a parfaitement répondu à nos espoirs puisque les concentrations obtenues depuis ont toujours été

CO_2 ..... 0,04 ou moins

2° D'introduire au départ dans le circuit un supplément d'oxygène qui va permettre de terminer l'épreuve avec une concentration correcte d'O_2.

Nous avons convenu d'ajouter 4 litres d'O_2 pur au départ, ce qui nous fait une concentration < 24 % au départ et > 20 % en fin d'épreuve.

Nous savons parfaitement que cet artifice est très critiquable mais le plus important pour nous étant de savoir ce qui se passe en fin d'épreuve, nous avons préféré fausser délibérément un peu les choses au départ, pour avoir des résultats valables à la fin.

L'ergomètre de Blazius :

La bicyclette ergométrique de Blazius est formée :

1° D'un siège qui donne une position demi-assise au sujet ;

2° Un pédalier muni d'un compteur de tours qui permet au sujet de contrôler sa vitesse de pédalage et de la maintenir constante ;

3° La résistance au pédalage est assurée par une dynamo entraînée par le pédalier et dont les sorties sont shuntées, de sorte que la force électro-motrice ainsi créée s'oppose au pédalage ; cette résistance peut être augmentée en injectant dans la dynamo et à contre-courant une intensité connue.

Une série de courbes d'étalonnage ont été faites qui permettent de connaître, pour chaque intensité injectée dans le circuit et pour chaque vitesse de pédalage, la puissance développée.

Le pH mètre de Beckmann :

nous donne le pH du sang extemporanément avec une précision de 1/100° pH.

Un Van Slyke :

nous donne, dans les mêmes conditions :
le CO_2 total,
l'oxymétrie.

L'homoréflecteur, donnant un résultat plus rapide, est utilisé pour une première approximation, puis les résultats définitifs sont fournis par l'examen chimique.

A partir de ces données, on peut tracer le diagramme en tenant compte, bien sûr, de l'hématocrite de Davenport.

N.B. — Les mesures de pourcentage de saturation peuvent être avantageusement remplacées par la mesure de la P O_2 arté-

rielle puisque, nous l'avons vu, Hb O_2 % = F (P O_2, P CO_3) ; cette mesure, en cas de variation importante de la P CO_2, permet d'avoir une idée directe des échanges d'O_2 sans être obligé d'effectuer la correction que nécessite la variation de P CO_2.

— L'hémoxytensiomètre II de la maison Delhomme permet cette mesure avec une très grande rapidité et un très faible volume de sang, et ce dans une gamme très étendue de variation de P O_2 (5 à 500 mm Hg) avec une précision de ± 2 %.

— Ce même appareil permet également la mesure du pH et du CO_2 total, ce qui permet avec un seul appareil de réaliser toutes les mesures dont on a besoin pour évaluer la qualité de l'hématose.

Le schœlander :

permet la mesure du QR au repos par la méthode du sac de Douglas.

II. - LES MALADES EXAMINÉS

sont ceux envoyés au Centre par les divers services hospitaliers de la ville.

En grande majorité, de l'Hôpital Salvator lui-même.

Ce sont, la plupart du temps de grands malades, ce qui explique la divergence de nos résultats :

— expertises d'insuffisants respiratoires ;
— bilan pré-opératoire,
post-opératoire ;
— bilan fonctionnel d'anciens malades des poumons.

Ce sont, nous y insistons beaucoup, souvent des malades qui quittent leur lit pour subir ces épreuves, donc des gens sous-entraînés au maximum.

III. - PROTOCOLE DE L'EXAMEN

1° Le choix de l'épreuve :

Le type de l'effort choisi.

C'est à l'effort sur bicyclette ergométrique que nous avons eu recours.

— Effort rectangulaire à puissance constante pendant 15 minutes ; la durée de 15 minutes a été fixée telle parce que, la plupart du temps, nous ne pouvons pas demander plus à des sujets en très mauvais état général, qui ont déjà de la peine à se plier aux exigences de l'épreuve ainsi conçue.

Intensité de l'effort.

Elle est déterminée en deux étapes :

— Détermination de l'intensité théorique par l'étude des constantes ventilatoires au repos et en particulier du MBC à raison de 50 W par 40 l de M.B.C., ce qui théoriquement représente 50 % de la ventilation maxima possible.

— Ajustement de ce chiffre en fonction des éléments cliniques et para-cliniques que nous possédons ; en particulier l'état général, l'activité habituelle du patient, l'affection en cause, les résultats de l'E.C.G., de l'oxymétrie au repos, etc. ; évidemment cette détermination est un peu arbitraire et un peu trop subjective de la part de l'examinateur mais nous n'avons pas trouvé mieux...

2° La conduite de l'épreuve :

Au repos, on mesure :

— les constantes spirométriques,
— l'oxymétrie,
— le CO_2 total et le pH.

On contrôle :

— la radiographie,
— l'électro-cardiogramme,
— l'examen clinique.

L'effort commence, il durera 15 minutes à puissance constante sous enregistrement spirométrique continu ; on note toutes les minutes le pouls.

Pendant la 15e minute, on pratique un nouveau prélèvement de sang artériel (humérale) qui est examiné dans les cinq minutes qui suivent.

S'il y a des difficultés techniques au prélèvement du sang artériel, le pédalage est poursuivi tant que la prise de sang n'est pas terminée.

3° Lorsque l'effort demandé est manifestement trop lourd pour le sujet, il est diminué par palliers de 20 W.

IV. - PRÉSENTATION DES DOCUMENTS

On les a condensés sous forme de tableaux où l'on trouvera :

— Les constantes spirométriques ainsi que le pourcentage de la normale que représente le chiffre mesuré.

— Les données de la spirométrie avant et en cours d'effort ; la ligne T (temps) indique dans chaque colonne verticale l'époque où a été pratiqué la mesure :

T 0 au repos,
T 0 - 15 épreuve,
T 3 - 6 dans les deux dernières colonnes indique la récupération.

— Les données chimiques sont rassemblées en fin de tableau.
A gauche les données brutes.
A droite les résultats de l'interprétation d'un diagramme des pH dont le principe a été exposé dans le chapitre consacré aux données physiologiques relatives à l'hématose.

pH métabolique ... — pH théorique sans compensation gazeuse.
pH gaz ..... — pH final après compensation gazeuse.
D. pH métabolique — variation de pH due à des phénomènes métaboliques.
D. pH gazeuse .... — variation de pH due à des phénomènes gazeux.

- OBSERVATION N° I -

d'A.....

age : 30 sexe : M
T. : I,70 poids : 90

Tuberculose pulmonaire
fibrose etandue

E C G : tracé normal

C.V.	3 960	93				
VEMS	2 940	92				
MBC	90 500	90				
A.R.	0 855	I5		Q.R. au repos : 0,7I		
T.	0	5	I0	I5	3	6
WATTS	0	I20	I20	I20	0	0
V.M.	8 900	28 900	3I 200	35 500	I4 280	II 700
CONS.02	0 300	I 740	I 590	I 640	0 840	0 540
DETTE					I80 %	80 %
POULS	72	I24	I36	I52	II0	84
%.C02	55	52 7		REACT.	METAB	GAZ
P H	7 36	7 30		P H	7 32	7 30
P C02	42	46		D.P H	- 4	- 2
02 %	92	92		Hematocrite : 44 %		

- OBSERVATION N° 2 -

OR ..... Lucienne

age : 49 sexe : F
T. : I,56 poids : 46,5

Cancer du poumon (L.I.D)

E C G : tracé normal

C.V.	3 I80	I00
VEMS	2 430	I00
MBC	74 520	I00
A.R.	I 405	30 5

T.	0	5	I0	I5	3	6
WATTS	0	60	60	60	0	0
V.M.	6 420	I0	I0	I5 500	II	6 8I0
CONS.02	0 240	0 690	0 450	0 600	0 240	0 240
DETTE					0	0
POULS	76	I08	II2	I32	I20	I00
∅.C02	48 73	47 I6		REACT	METAB	GAZ
P H	7 47	7 50		P H	7 47	7 50
P C02	30	27		D.P H	0	+ 3
02 %	94	94		Hematocrite : 42 %		

- OBSERVATION N° 3 -

MA ..... Elie

age : 45 sexe : M
T. : I,69 poids : 67,5

Fistule oeso-bronchique
(brulure oesophagienne)

E C G : tracé normal

C.V.	3 330	89
VEMS	3 580	98
MBC	79 800	94
A.R.	I 205	28

T.	0	5	I0	I5	3	6
WATTS	0	I00	I00	I00	0	0
V.M.	8 070	2I 600	23 200	25 000	II 000	9 330
CONS.02	0 270	0 930	0 930	0 930	0 450	0 390
DETTE					66 %	7 %
POULS	76	II2	I20	I30	I00	90
∅.C02	38	58 I6		REACT	METAB	GAZ
P H	7 36	7 39		P H	7 37	7 39
P C02	43	42		D.P H	+ I	+ 2
02 %	94	94		Hematocrite : 44 %		

- OBSERVATION N° 4 -

MU ..... Emile

age : 54 sexe : M
T. : I,75 poids : 6I,5

Silicose

E C G : tracé normal

C.V.	3 090	8I 5				
VEMS	I 350	50				
MBC	40 500	50				
A.R.	I 005	2I				
T.	0	5	I0	I5	3	6
WATTS	0	60	60	60	0	0
V.M.	9 780	I6 400	I9 800	I8 000	I4 900	II 400
CONS.02	0 2I0	0 630	0 660	0 660	0 360	0 400
DETTE					7I %	90 %
POULS	80	I20	I20	II8	80	80
∅.C02	57 6	57 6		REACT	METAB	GAZ
P H	7 39	7 39		P H	7 39	7 39
P C02	4I	4I		D.P H	0	0
02 %	95 5	95 5		Hematocrite : 49 %		

- OBSERVATION N° 5 -

LE ..... Abel

Mineur

age : 55 sexe : M
T. : I,68 poids : 60

Silicose
au repos depuis 5 ans
expertise

E C G : effet gauche retardé en précirdiales

C.V.	3 420	98				
VEMS	2 460	I00				
MBC.	73 800	I00				
A.R.	2 460	4I 5				
T.	0	5	I0	I5	3	6
WATTS	0	60	60	60	0	0
V.M.	9 930	20 040	I9 360	I8 240	I4 000	I2 000
CONS.02	0 330	0 660	0 660	0 660	0 660	0 330
DETTE					I00 %	0 %
POULS	88	I24	II8	I20	I00	94
∅.C02	48	50 3		REACT	METAB	GAZ
P H	7 37	7 35		P H	7 38	7 35
P C02	36 4	39		D.P H	+ I	- 3
02 %	94	94		Hematocrite : ...		

Mauvaise cooperation
n'a pu realiser l'effort demandé (I00 watts)

- OBSERVATION N°6 -

MOU..... Mustapha

age : I8 sexe : M
T : I,78 poids / 70

tuberculose pulmonaire

E C G : trace normal

C.V.	4 350	96				
VEMS	3 900	I00				
MBC	II7	I00				
A.R.	I 260	25 5	Q.R. au repos :			
T.	0	5	I0	I5	3	6
WATTS	0	I20	I20	I20	0	0
V.M.	8 250	32 250	35 700	37	I3 4I0	I2
CONS.02	0 240	0 900	0 960	I 080	0 420	0 I50
DETTE					75 %	0
POULS	72	I28	I40	I40	88	76
T.A.						
∅.C02	57 38	54	REACT.	METAB.	GAZ.	
P H	7 33	7 38	P H	7 33	7 38	
P C02	47	4I	D.P H	0	+ 5	
02 %	95	95	Hematocrite :			

- OBSERVATION N°7 -

RA ..... Arel

age : 42 sexe : M
T. : I,77 poids : 6I,8

tuberculose pulmonaire
thoracoplastie 8 cotes
phrenicectomie

E C G : tracé normal

C.V.	2 790	67				
VEMS	I 290	44 5				
MBC	38 700	93 5				
A.R.	I 060	20 7	Q.R. au repos			
T.	0	5	I0	I5	3	6
WATTS	0	60	80	80	0	0
V.M.	8 550	I9 300	23 4I0	24	I6 880	9 500
CONS.02	0 330	I 050	I I70	I 020	0 570	0 300
DETTE					73 %	0 %
POULS	70	I04	I20	I24	I00	93
T.A.						
∅.C02	52	55		REACT.	METAB.	GAZ
P H	7 29	7 34		P H	7 32	7 34
P C02	47	44		D. P H	+ 3	+ 2
02 %	90	90		Hematocrite : 42 %		

- OBSERVATION N° 8 -

SCH.....

age 54 sexe :M
T. I;53 poids : 5I

tuberculose pulmonaire

E C G : tracé normal

C.V.	2 250	76				
VEMS	I 680	84				
MBC	50 4I0	80				
A.R.	I 230	35		Q.R. au repos : 0,75		
T.	0	5	I0	I5	3	6
WATTS	0	80	80	80	0	0
V.M.	8 6I0	23	I9	20	I0	..
CONS.02	0 240	0 900	0 840	0 900	0 4I0	..
DETTE					66 %	
POULS	76	I28	I24	I36	I00	...
T.A.						
∅.C02	55 4	55 4		REACT	METAB.	GAZ
P H	7 34	7 34		P H	7 34	7 34
P C02	44	44		D.P H	0	0
02 %	94	94		Hematocrite :		

- OBSERVATION N° 9 -

RE ..... Hubert

age : 30 sexe : M
T. : I,65 poids : 6I

sclerose pulmonaire tuberculeuse

E C G : tracé normal

C.V.	3,750	98				
VEMS	3,2I0	I00				
MBC	96,300	I00				
A.R.	0,795	I7,5		Q.R. au repos : 0,75		
T.	0	5	I0	I5	3	6
WATTS	0	I00	I00	I00	0	0
V.M.	7,230	2I	23,700	27,300	I0	..
CONS.02	0,270	I,020	I,055	I,I50	0,270	
DETTE					0	
POULS	72	I20	I20	I46	84	
T.A.						
∅.C02	47,6	45		REACT.	METAB.	GAZ.
P H	7,37	7,36		P H	7,35	7,36
P C02	36	35		D.P H	- 2	+ I
02 %	94,5	94,5		Hematocrite :		

- OBSERVATION N° IO -

ME ..... Hacene

age : 49 sexe : M
T. : I,64 poids : 63,5

abcès du poumon
chez un diabetique

E C G : surcharge
biventriculaire

C.V.	2 370	69				
VEMS	I 4I0	59				
MBC	42 300	55 5				
A.R.	0 720	I7 5	Q.R. au repos : 0,72			
T.	0	3	7	I0	3	6
WATTS	0	60	45	40	0	0
V.M.	I2 I00	I5	I8	2I	I4	I0 500
CONS.02	0 390	0 480	0 480	0 480	0 470	0 330
DETTE					20 %	0
POULS	II6	I60	I60	I44	I30	I20
T.A.						
% CO2	42	39 56		REACT.	METAB.	GAZ.
P H	7 27	7 30		P H	7 27	7 30
P CO2	39	35		D.P H	0	+ 3
02 %	86	85		Hematocrite : 49 %		

plateau de consomation d'oxygene tres net
pouls a I60 , sueurs , paleur , malaise
arret pour non adaptation circulatoire

- OBSERVATION N° II -

MI ..... Baptiste

age : 47 sexe : M
T. : I,7I poids : 72,8

tuberculose pulmonaire
bilan pre operatoire

E C G : tracé normal

C.V.	3 450	90 5				
VEMS	2 370	88				
MBC	77 370	90				
A.R.	0 935	I9 5		Q.R. au repos : 0,70		
T.	0	6	I0	I5	3	6
WATTS	0	I20	I00	80	0	0
V.M.	II 040	35	35 500	37 500	20	I4 500
CONS.02	0 2I0	I 260	I 320	I 200	0 690	0 450
DETTE					228 %	II4 %
POULS	76	I52	I60	I60	II0	96
T.A.						
% CO2	5I 87	44		REACT.	METAB.	GAZ.
P H	7 35	7 34		P H	7 33	7 34
P CO2	4I	35 6		D.P H	- 2	+ I
02 %	95 5	92		Hematocrite : 38 %		

epreuve non tolérée (pouls a I60)

- OBSERVATION N° I2 -

MI ..... Henri

age : 59 sexe : M
T. : I,66 poids : 56,5

tuberculose pulmonaire

E C G : tracé normal

C.V.	2 9I0	I00				
VEMS	I 290	63 5				
MBC	38 700	63				
A.R.	0 780	3I	Q.R. au repos :			
T.	0	5	I0	I5	3	6
WATTS	0	80	80	80	0	0
V.M.	9 900	I5 600	2I 300	23	I2 I80	9 060
CONS.02	0 270	0 660	0 630	0 690	0 420	0 270
DETTE					55 %	0
POULS	80	II6	I20	I24	I00	88
T.A.						
∮.C02	50 57	48 73		REACT.	METAB.	GAZ.
P H	7 37	7 37		P H	7 36	7 37
P C02	38 4	37		D.P H	- I	+ I
02 %	94	94		Hematocrite : 46 %		

- OBSERVATION N° I3 -

SA ..... Joseph

age : 52 sexe : M
T. : I,80 poids : 67

tres volumineux cancer hilaire

E C G : tracé normal

C.V.	3 540	86				
VEMS	I 7I0	59				
MBC	5I 700	60				
A.R.	0 705	I6	Q.R. au repos :			
T.	0	5	8		3	6
WATTS	0	I00	I00	0	0	0
V.M.	8 760	25	27		I4 200	
CONS.02	0 270	0 800	0 900		0 420	
DETTE					55 %	
POULS	84	I20	I20		96	
T.A.						
∮.C02	57 I2	55		REACT.	METAB.	GAZ.
P H	7 44	7 4I		P H	7 42	7 4I
P C02	37	37 7		D.P H	- 2	- I
02 %	94	90		Hematocrite :		

abandon a la 8° minute

- OBSERVATION N° I4 -

LE ..... Albert

age : 55 sexe : M
T. : I,58 poids : 48

suppuration pulmonaire

E C G : tracé normal

C.V.	2 900	95				
VEMS	I 860	86				
MBC	55 800	86				
A.R.	2 I60	40	Q.R. au repos			
T.	0	5	I0	I 5	3	6
WATTS	0	80	60	60	0	0
V.M.	7 260	36	32	28 700	2I	
CONS.02	0 240	0 720	0 660	0 720	0 470	
DETTE					95 %	
POULS	72	I44	I48	I48		
T.A.						
∅.C02	47 I6	36		REACT.	METAB.	GAZ.
P H	7 38	7 36		P H	7 30	7 36
P C02	37 4	29		D.P H	- 8	+ 6
02 %	94	94		Hematocrite :		

épreuve de 80 watts non tolérée
épreuve de 60 watts tenue I0 minutes

- OBSERVATION N° I5 -

BEN.....

age : 28 sexe : M
T. : I,64 poids : 55

tuberculose pulmonaire
deja traité par pneumothorax

E C G : tracé normal

C.V.	3 240	86				
VEMS	2 280	77				
MBC	68 400	72				
A.R.	I 3I0	29	Q.R. au repos :			
T.	0	5	I0	I5	3	6
WATTS	0	I00	I00	I00	0	0
V.M.	8 500	2I 200	I9 200	20	8 76I	
CONS.02	0 240	I 080	I 000	I 800	0 320	
DETTE					33 %	
POULS	84	I32	I36	I40	I04	
T.A.						
∅.C02	53 4	53 7		REACT.	METAB.	GAZ.
P H	7 37	7 32		P H	7 36	7 32
P C02	39	45		D.P H	- I	- 4
02 %	94	94		Hematocrite :		

- OBSERVATION N° I6 -

ROU.....

age : 44 sexe : M
T. : I,64 poids : 5I

C.V.	2 760	77				
VEMS	I 950	78				
MBC	58 500	73				
A.R.	I 570	36	Q.R. au repos :			
T.	0	5	I0	I5	3	6
WATTS	0	80	80	80	0	0
V.M.	I0 800	28	30 800		I9 980	
CONS.02	0 270	0 960	0 990		0 600	
DETTE					I22 %	
POULS	95	124	132		I00	
ϕ.C02	59 4	56 3		REACT.	METAB	GAZ.
P H	7 37	7 34		P H	7 34	7 34
P C02	45	45		D.P H	- 3	0
02 %	92	92		Hematocrite :		

abandon a la II° minute

- OBSERVATION N° I7 -

RE .....

age : 56 sexe : M
T. : I,63 poids : 43,5

tuberculose pulmonaire

E C G : tracé normal

C.V.	I 400	49				
VEMS	0 960	42				
MBC	28 800	42				
A.R.	0 7I0	33		Q.R. au repos :		
T.	0	6			3	6
V.M.	6 480	I3 200			9 000	
CONS.02	0 I80	0 420			0 2I0	
DETTE					I9 %	
POULS	68	92			76	
T.A.						
ϕ.C02	56 6	53 7		REACT.	METAB.	GAZ.
P H	7 42	7 40		P H	7 40	7 40
P C02	38 5	38 2		D.P H	- 2	0
02 %	92	92		Hematocrite :		

abandon a la 6° minute
rhumatismes des membres inferieurs

- OBSERVATION N° I8 -

MA ..... Laure

age : 48 sexe : F
T. : I,53 poids : 63

insuffisance respiratoire d'origine pleurale

E C G : tracé normal

C.V.	2 700	I00				
VEMS	I 680	94				
MBC	56 520	97				
A.R.	0 6I0	I8				
T.	0	5	I0	I5	3	6
WATTS	0	80	80	80	0	0
V.M.	I 740	2I	2I	22 500	I2	8 900
CONS.02	0 2I0	0 990	0 990	I 020	0 270	0 270
DETTE					20 %	20 %
POULS	76	II8	I20	I36	I00	92
ϕ.C02	52 4	50 3		REACT.	METAB.	GAZ.
P H	7 37	7 35		P H	7 35	7 35
P C02	39	39		D.P H	- 2	0
02	94	94		Hematocrite : 43 %		

- OBSERVATION N° I9 -

GIA..... Auguste

age : 47 sexe : M
T. : I,67 poids : 69,4

stenose bronchique
silicose pseudo tumorale

E C G : tracé normal

C.V.	3 630	I00				
VEMS	2 700	I00				
MBC	8I	I00				
A.R.	I 300	26				
T.	0	5	I0	I5	3	6
WATTS	0	I00	I00	I00	0	0
V.M.	7 860	25 600	27 300	27	I7 900	I0 800
CONS.02	0 2I0	I 080	0 900	0 930	0 690	0 360
DETTE					227 %	7I %
POULS	56	I04	I08	II8	92	80
ϕ.C02	58	5I 9		REACT.	METAB	GAZ
P H	7 3I	7 34		P H	7 28	7 34
P C02	48	42		D.P H	- 3	+ 6
02 %	93	93		Hematocrite : 42 %		

- OBSERVATION N° 20 -

RO ..... Gabriel — manoeuvre

age : 4I sexe : M — asthme
T. : I,62 poids : 45

E C G : tracé montrant un bas voltage en précordiales

C.V.	3 300	95				
VEMS	I 4I0	58 5				
MBC	42 300	54				
A.R.	I 300	27		Q.R. au repos : 0,82		
T.	0	5	I0	I5	3	6
WATTS	0	60	60	60	0	0
V.M.	6 580	I6 800	I6	I8 900	II	9 030
CONS.02	0 240	0 630	0 600	0 600	0 360	0 300
DETTE					50 %	20 %
POULS	84	I00	I04	I08	88	84
T.A.	I2/9			I7/9		
∅.C02	5I	49		REACT.	METAB.	GAZ
P H	7 37	7 38		P H	7 36	7 38
P C02	38 7	36 5		D.P H	- I	+ 2
02 %	92	94		Hematocrite : 42 %		

- OBSERVATION N° 2I -

LAV..... Louisette — Femme de menage

age : 46 sexe : F — Retrecissement mitral
T. : I,57 poids : 72

E C G : tres grosses ondes P " mitrales " tracé normal par ailleurs

C.V.	3 090	I00				
VEMS	2 370	I00				
MBC	7I 500	I00				
A.R.	0 480	I3				
T.	0	5	8		3	6
WATTS	0	30	30		0	0
V.M.	6 060	9	I2 560			
CONS.02	0 2I0	0 780	0 750		0 300	0 270
DETTE					30 %	20 %
POULS	70	I04	II0		80	80
∅.C02	56 34	57		REACT.	METAB.	GAZ
P H	7 42	7 35		P H	7 40	7 35
P C02	38 3	45		D.P H	- 2	- 5
02 %	93	9I		Hematocrite : 30 %		

abandon pour fatigue mesculaire a la 8° minute

- OBSERVATION N° 22 -

COM..... Ricardo

age : 46 sexe : M
T. : I,75 poids : 69;5

Silicose
Retrecissement mitral

E C G : surcharge auriculaire gauche et ventriculaire droite

C.V.	2 490	62				
VEMS	I 980	70 5				
MBC	59 400	66				
A.R.	2 255	36				
T.	0	5	8		3	6
WATTS	0	60	45		0	0
V.M.	I0 860	3I 900	32 900		20	I3 800
CONS.02	0 300	0 5I0	0 630		0 330	0 270
DETTE					I0 %	0
POULS	76	I44	I50		I20	II2
ß.C02	49	47		REACT.	METAB.	GAZ.
P H	7 37	7 33		P H	7 34	7 33
P C02	37 2	38		D.P H	- 3	- I
02 %	94	85		Hematocrite : 4I %		

épreuve non tolérée
abandon a la 8° minute

- OBSERVATION N° 23 -

MAM..... Hasno

age : 48 sexe : M
T. : I,6I poids : 58,5

Goitre thoracique
bilan pre operatoire

E C G : tracé normal

C.V.	3 960	I00				
VEMS	3 000	I00				
MBC	90 000	I00				
A.R.	2 570	39				
T.	0	5	I0	I5	3	6
WATTS	0	I00	80	80	0	0
V.M.	9 000	I6 230	I9	2I	I3	I0 800
CONS.02	0 240	0 450	0 300	0 5I0	0 360	0 270
DETTE					50 %	I2 %
POULS	84	I36	I30	I34		88
ß.C02	52 4	48 5		REACT.	METAB.	GAZ.
P H	7 35	7 36		P H	7 33	7 36
P C02	4I	37 5		D.P H	- 2	+ 3
02 %	95 5	92		Hematocrite : ..		

Malaise eprouvé apres 5' d'effort a I00 W
épreuve de 80 W bien tenue

- OBSERVATION N° 24 -

RHE..... Charles

Verificateur

age : sexe : M
T. : I;72 poids : 75

Cancer du poumon

E C G : extrasystoles intercallées
tracé normal par ailleurs

C.V.	2 730	76				
VEMS	I 650	73 5				
MBC	49 500	65				
A.R.	I 690	3I				
T.	0	5	I0	I5	3	6
WATTS	0	80	80	80	0	0
V.M.	I4 530	23	22 500	24 700	I7	I3
CONS.02	0 300	I II0	I II0	I 080	0 570	0 390
DETTE					90 %	30 %
POULS	72	II0	II0	II2	90	72
∮.C02	5I	45 32		REACT.	METAB.	GAZ.
P H	7 37	7 40		P H	7 34	7 40
P C02	38 7	32 2		D.P H	- 3	+ 6
02 %	94	94		Hematocrite : 52 %		

- OBSERVATION N° 25 -

CLE..... Jean

age : 55 sexe : M
T. : I,58 poids : 60,8

E O A bronchique
stenose de la L.S.G.
grosse masse tumorale du L.S.G.

E C G : tracé normal

C.V.	2 6I0	85				
VEMS	I 680	78				
MBC	50 400	78				
A.R.	I 850	37				
T.	0	5	I0	I5	3	6
WATTS	0	80	80	80	0	0
V.M.	8 520	24 390	28 500	28	I8 090	I3 400
CONS 02	0 2I0	0 870	0 960	0 840	0 660	0 360
DETTE					2I4 %	7I %
POULS	64	II2	I20	I25	I00	96
∮.C02	53 45	54 5		REACT.	METAB.	GAZ
P H	7 39	7 33		P H	7 37	7 33
P C02	38	45		D.P H	- 2	- 4
02 %	92	92		Hematocrite : 42 %		

- OBSERVATION N° 26 -

BER..... François

age : 6I sexe : M
T. : I,60 poids : 52,5

Facteur

Cancer du poumon

E C G : tracé normal

C.V.	3 I40	I00				
VEMS	I 800	88 5				
MBC	57	89				
A.R.	I 575	32	Q.R. au repos : 0,7I			
T.	0	5	I0		3	6
WATTS	0	40	40		0	0
V.M.	II 600	2I I00	I6 800		I3 530	II I90
CONS 02	0 300	0 720	0 480		0 390	0 390
DETTS					30 %	30 %
POULS	I04	I32	I30		I08	I00
T.A.	I2/7		I4/7			
%.C02	58	5I		REACT.	METAB.	GAZ.
P H	7 38	7 42		P H	7 36	7 42
P C02	42	35		D.P H	- 2	+ 6
02 %	9I	95		Hematocrite : ...		

Abandon a la II° minute

- OBSERVATION N° 27 -

GIO..... Jean

age : 58 sexe : M
T. : I,74 poids : 50,5

Contremaitre chaudronnier

Silicose (expertise)

E C G : B B D incomplet
extrasystoles ventriculaires , ischemis sous endocardique probable

C.V.	2 I90	58 5				
VEMS	0 930	35				
MBC	27 900	35				
A.R.	I 030	22				
T.	0	2'30"	7'20"		3	6
WATTS	0	30	20		0	0
V.M.	8 850	I3 I70	I5 870		I0 680	9 630
CONS.02	0 240	0 930	0 660		0 240	0 270
DETTE					0	0
POULS	76	I04	I04		84	84
%.C02	58	5I		REACT.	METAB.	GAZ.
P H	7 28	7 30		P H	7 24	7 30
P C02	53	45		D.P H	- 4	+ 6
02 %	90	92		Hematocrite : 47 %		

Malade angoissé tres mauvaise coopération

- OBSERVATION N° 28 -

ZA ..... Joseph — Cultivateur

age : 5I sexe : M
T. : I,74 poids : 67;5

Tuberculose pulmonaire
L S D détruit
bilan pour pneumonectomie Dr.

E C G : tracé normal

C.V.	3 300	85		Q.R. au repos : 0,90		
VEMS	I 740	64				
MBC	58 600	72				
A.R.	0 500	II				
T.	0	5	9	I5	0	0
WATTS	0	I00	I00	80	0	0
V.M.	8 520	25 800	33	28	I8 600	I4
CONS.02	0 240	I I40	I I70	I I00	0 350	0 240
DETTE					45 %	0
POULS	96	I32	I60	I60	II0	I04
T.A.	I3/9			I9/I0		
∮.C02	58	43 5		REACT.	METAB.	GAZ.
P H	7 43	7 28		P H	7 29	7 28
P C02	38 6	40		D.P H	- I4	- I
02 %	94	92		Hematocrite : 50 %		

reduction de la charge a la 9° minute (pouls a I60)

- OBSERVATION N° 29 -

VA ..... Henri — Comptable

age : 55 sexe : M
T. : I,65 poids : 50,2

Cancer bronchique
grosse tumeur du hile G.

E C G : ischemie anterieure etandue

C.V.	2 850	84		Q.R. au repos : 0,78		
VEMS	I 590	65 5				
MBC	48 690	68				
A.R.	I 490	30				
T.	0	5	I0	I5	3	6
WATTS	0	60	60	60	0	0
V.M.	7 590	22 560	27 330	28 I70	I9 I40	I0 660
CONS.02	0 2I0	0 660	0 630	0 660		0 390
DETTE						85 %
POULS	92	II2	I24	I32		I08
T.A.	I0/7			I4/8		
∮.C02	5I 6	47 2		REACT.	METAB.	GAZ.
P H	7 36	7 38		P H	7 34	7 38
P C02	40	35		D.P H	- 2	+ 4
02 %	92	9I		Hematocrite : 37 %		

- OBSERVATION N° 30 -

TRI..... Joseph

age : 6I sexe : M
T. : I,69 poids : 78

Cancer du poumon

E C G : tracé normal

C.V.	2 520	72				
VEMS	I 920	78				
MBC	57 600	79				
A.R.	I 320	27 5				
T.	0	5	I0	I5	3	6
WATTS	0	80	80	80	0	0
V.M.	II 0I0	26 970	30 930	34 020	22	I6 890
CONS.02	0 240	0 720	0 780	0 840	0 660	0 420
DETTE					I75 %	75 %
POULS	88	I20	I32	I36	I04	96
T.A.	I2/7			I8/8		
∅.C02	48 47	40 87		REACT.	METAB.	GAZ.
P H	7 36	7 3I		P H	7 29	7 3I
P C02	37 5	35 5		D.P H	- 7	+ 3
02 %	9I	94		Hematocrite : 45 %		

- OBSERVATION N° 3I -

ATT.....

age : 38 sexe : F
T. : I,63 poids : 69

Tuberculose pulmonaire
Asthme

E C G : tracé normal

C.V.	3 2I0	I00				
VEMS	2 250	I00				
MBC	67 000	92				
A.R.	0 590	I5 5	Q.R. au repos : 0,80			
T.	0	5	I0	I5	3	6
WATTS	0	80	80	80	0	0
V.M.	6 600	I8 600	20	2I	II 700	8 000
CONS.02	0 240	0 840	0 900	0 900	0 540	0 420
DETTE					I25 %	75 %
POULS	84	I26	I34	I40	II6	I04
∅.C02	43	49		REACT.	METAB.	GAZ.
P H	7 33	7 35		P H	7 38	7 35
P C02	35 6	38 8		D.P H	+ 5	- 3
02 %	94	94	Hematocrite :38 %			

- OBSERVATION N° 32 -

BAR.....

age : 45 sexe : M
T. : I,63 poids : 66

Mega oesophage
pré operatoire

E C G : tracé normal

C.V.	2 790	8I				
VEMS	I 380	57				
MBC	53 000	77				
A.R.	I 095	28				
T.	0	5	I0	I5	3	6
WATTS	0	I00	60	60	0	0
V.M.	8 520	25	23	24		II 400
CONS.02	0 I80	I 050	0 960	0 960		0 360
DETTE						I00 %
POULS	96	I60	I36	I40		II6
%.C02	55	50 83		REACT	METAB	GAZ
P H	7 43	7 4I		P H	7 40	7 4I
P C02	36 6	35 2		D.P H	- 3	+ I
02 %	92	92		Hematocrite :		

- OBSERVATION N° 33 -

TIN .....

age : 6I sexe : M
T. : I,58 poids : 60,5

Silico-tuberculose

E G G : ischemie diffuse

C.V.	3 060	I00				
VEMS	2 3I0	I00				
MBC	88 830	I00				
A.R.	I 250	29		Q.R. au repos : 0 87		
T.	0	5	I0	I5	3	6
WATTS	0	I00	I00	I00	0	0
V.M.	9 420	27 5I0	29 9I0	32 I60	I3 I40	I2 900
CONS.02	0 240	I 260	I I40	I I40	0 330	0 300
DETTE					37 %	25 %
POULS	85	I20	II6	I32	I00	92
T.A.	I2/8			I2/8		
%.C02	57	49 8		REACT	METAB	GAZ
P H	7 37	7 36		P H	7 33	7 36
P C02	43	38		D.P H	- 4	+ 3
02 %	94	95		Hematocrite : 42 %		

- OBSERVATION N° 34 -

AMA .....

age : 22 sexe : M
T. : I,62 poids : 56

Tuberculose pulmonaire

E C G : tracé normal

C.V.	4 I70	I00				
VEMS	3 800	I00				
MBC	II4 300	I00				
A.R.	I 600	28				
T.	0	5	I0	I5	3	6
WATTS	0	I00	I00	I00	0	0
V.M.	8 550	I9	I9	20 500	I2 500	7 I70
CONS.02	0 2I0	0 720	0 700	0 780	0 330	0 2I0
DETTE					57 %	0
POULS	56	I00	I04	I08	68	60
ß.C02	46	46 6		REACT	METAB	GAZ
P H	7 38	7 38		P H	7 38	7 38
P C02	34 3	35		D.P H	0	0
02 %	95	94		Hematocrite : 44 %		

- OBSERVATION N° 35 -

COR..... Lucien

age : 5I sexe : M
T. : I,67 poids : 6I

Cancer du poumon

E C G : tracé normal

C.V.	2 9I0	82				
VEMS	I 980	80				
MBC	59 400	79				
A.R.	I 340	28				
T.	0	5	I0	I5	3	6
WATTS	0	I00	I00	I00	0	0
V.M.	I0 620	I7 570	26 700	26	I5	I2
CONS.02	0 330	I 020	I 050	I II0	0 420	0 300
DETTE					27 %	0
POULS	66	I20	I24	I20		88
ß.C02	56 07	44 54		REACT	METAB	GAZ
P H	7 40	7 33		P H	7 30	7 33
P C02	39 8	36		D.P H	- I0	+ 3
02 %	92	92		Hematocrite : 42 %		

- OBSERVATION N° 36 -

DOI..... Anne Marie

age : 33 sexe : F
T. : I,45 poids : 45,5

Tuberculose pulmonaire

E C G : tracé normal

C.V.	I 590	60				
VEMS	I 200	5I				
MBC	34 650	5I				
A.R.	I 200	4I	Q.R. au repos : 0 9I			
T.	0	5	7		3	6
WATTS	0	45	45		0	0
V.M.	II 400	I8 5I0	20			
CONS.02	0 300	0 630	0 770			
POULS	80	I48	I58			
ß.C02	5I 62	4I 40		REACT	METAB	GAZ
P H	7 40	7 34		P H	7 32	7 34
P C02	36 7	33 5		D. PH	- 8	+ 2
02 %	95	95		Hematocrite : 37 %		

abandon a la 7° minute

- OBSERVATION N° 37 -

CO ..... Auguste

age : 56 sexe : M
T. : I,65 poids : 47

Tuberculose pulmonaire

E C G : tracé normal

C.V.	3 I50	94				
VEMS	I 830	77				
MBC	54 900	80				
A.R.	I 545	30				
T.	0	5	I0		3	6
WATTS	0	45	45		0	0
V.M.	I0 920	23 I00	27 I20		I9	II
CONS 02	0 300	0 630	0 770		0 360	0 270
DETTE					20 %	0
POULS	I08	II6	II6			I02
ß.C02	43 75	35 II		REACT	METAB	GAZ
P H	7 44	7 37		P H	7 36	7 37
P C02	28	26 7		D.P H	- 8	+ I
02 %	94	94		Hematocrite : 44 %		

abandon a la I0° minute

- OBSERVATION N° 38 -

COM..... Ambroise

age : 46 sexe : M
T. : I,73 poids : 60

Tuberculose ulcero-caseeuse
sclerose importante

E C G : tracé normal

C.V.	4 350	I00				
VEMS	3 390	I00				
MBC	I0I 700	I00				
A.R.	2 040	32				
T.	0	2	5		3	6
WATTS	0	I20	80		0	0
V.M.	I0 770	23	27		I4 070	I0 203
CONS.02	0 390	0 900	0 960		0 450	0 450
DETTE					I5 %	I5 %
POULS	86	I56	I50		I24	I28
%.C02	57 64	45 85		REACT	METAB	GAZ
P H	7 40	7 27		P H	7 28	7 27
P C02	40	43		D.P H	- I2	- I
02 %	95	93		Hematocrite : 37 %		

abandon a la 5° minute malgres une diminution de la charge

- OBSERVATION N° 39 -

BER .....

age : 23 sexe : F
T. : I,68 poids : 67,5

Retrecissement mitral opéré
bilan post opératoire

E C G : fibrillation auriculaire

C.V.	2 9I0	98				
VEMS	2 430	I00				
MBC	94 4I0	I00				
A.R.	0 575	I5				
T.	0	5	I0	I5	3	6
WATTS	0	60	80	45	0	0
V.M.	6 840	I7 540	26 460	25	I2 930	8 220
CONS.02	0 360	0 840	0 830	0 860	0 360	0 360
DETTE					0	0
POULS	86	I32	I68	I60	I04	I00
%.C02	52	47		REACT	METAB	GAZ
P H	7 34	7 27		P H	7 28	7 27
P C02	42	44		D.P H	- 6	- I
02 %	93	93		Hematocrite :		

L'epreuve de 60 W paraissant parfaitement tolérée on
a eu le tort de passer a 80 W qui ne le furent pas

- OBSERVATION N° 40 -

TA ..... Rossignolo — Maçon

age : 5I sexe : M
T. : I,6I poids : 54

Cancer du poumon (L S G) compression de la bronche lobaire sup. gauche

E C G : tracé normal

C.V.	2 700	82
VEMS	I 980	86 5
MBC	69 I20	I00
A.R.	I 285	28
T.	0	5
WATTS	0	I00
V.M.	9 960	22 7I0
CONS.02	0 240	0 900
DETTE		
POULS	64	I08
T.A.	I2/7	
$\dot{V}$.CO2	54 8	49 8
PH	7 37	7 34
P CO2	4I	40
02 %	95	95

Q.R. au repos : 0,72

I0	I5	3	6
I00	I00	0	0
24 760	30 630	I6	9 380
0 800	0 870	0 270	0 270
		I2 %	I2 %
II8	I20	96	88
	I6/7		
	REACT	METAB	GAZ
	PH	7 33	7 34
	D.P H	- 4	+ I
	Hematocrite :		

- OBSERVATION N° 4I -

GO ..... André

age : 52 sexe : M
T. : I,60 poids : 60

Silico-tuberculose

E C G : tracé normal

C.V.	2 880	90
VEMS	2 0I0	89
MBC	60 300	90
A.R.	0 940	22
T.	0	5
WATTS	0	45
V.M.	8 430	I7 I90
CONS.02	0 240	0 780
DETTE		
POULS	80	I20
T.A.	I2/7	
$\dot{V}$.CO2	58 7	34
P H	7 38	7 4I
P CO2	43	
02 %	92 5	92 5

Q.R. au repos : 0,72

I0		3	6
45		0	0
I9		I3	II 790
0 780		0 360	0 270
		50 %	I2 %
I20		I24	I04
I7/8			
	REACT	METAB	GAZ
	P H	7 24	7 4I
	D.P H	- I4	+ I7
	Hematocrite : 37 %		

Malaise brusque a la II° minute

- OBSERVATION N° 42 -

VI ..... Joseph

Tolier

age : 56 sexe : M
T. : I,70 poids : 78

Cancer du poumon (L.I.G.)
stenose de la bronche LIG
bilan pre operatoire

E C G : tracé normal

C.V.	3 600	I00
VEMS	2 430	96
MBC	72 900	94
A.R.	2 0I0	45
T.	0	5
WATTS	0	I00
V.M.	I0 I40	29 040
CONS.02	0 240	I 020
DETTE		
POULS	72	I08
ß.C02	4I	42
P H	7 3I	7 3I
P C02	35 5	36 4
02 %	92	9I

abandon a la I2° minute

Q.R. au repos : 0,87

I0	I2	3	6	
I00	I00	0	0	
29	30	I5 500	I0 200	
0 930	0 900	0 540	0 300	
		I26 %	25 %	
I20	I20	76	76	
	REACT	METAB	GAZ	
	P H	7 3I	7 3I	
	D.P H	0	0	
	Hematocrite : ...			

- OBSERVATION N° 43 -

ZI ..... Nicolas

Peintre en batiment

age : 53 sexe : M
T. : I,66 poids : 62

Tuberculose pulmonaire

E C G : tracé normal

C.V.	4 320	I00
VEMS	2 880	I00
MBC	92 I60	I00
A.R.	I 055	I9
T.	0	5
WATTS	0	I00
V.M.	6 5I0	20
CONS.02	0 240	0 750
DETTE		
POULS	76	I30
T.A.	I3/8	
ß.C02	50 3	39 8
P H	7 37	7 25
P C02	38	39 2
02 %	94 5	9I

Q.R. au repos : 0,90

I0	I5	3	6
I00	I00	0	0
I9 500	2I 750	I4	8 220
0 840	0 8I0	0 600	0 270
		I50 %	I2 %
I24	I28	92	92
	I7/8		
	REACT	METAB	GAZ
	P H	7 26	7 25
	D.P H	- II	- I
	Hematocrite : 42 %		

- OBSERVATION N° 44 -

GRO .....

age : 50 sexe : M
T. : I,70 poids : 68

Silicose (expertise)

E C G : tracé normal

C.V.	2 520	68				
VEMS	I 470	56				
MBC	44 I00	56				
A.R.	I 560	22				
T.	0	5	I0	I5	3	6
WATTS	0	I00	I00	I00	0	0
V.M.	I0 500	22	24	25 500	I2	
CONS.02	0 300	I 230	I I70	I 200	0 480	
DETTE					60 %	
POULS	85	II6	I20	I20	I00	
⍺.C02	56	48		REACT	METAB	GAZ
P H	7 38	7 37		P H	7 25	7 37
P C02	35 6	42		D.P H	- 8	+ 7
02 %	94	94		Hematocrite :		

- OBSERVATION N° 45 -

MAR..... Jean

age : 37 sexe : M
T. : I,54 poids : 59

Pleuresie purulente

E C G : tracé normal

C.V.	2 040	63				
VEMS	I 500	62				
MBC	45 000	56				
A.R.	0 505	I2		Q.R. au repos : 0,74		
T.	0	5	I0	I5	3	6
WATTS	0	60	60	I00	0	0
V.M.	8 070	I7	20	3I 700	I6	9 900
CONS.02	0 240	0 840	0 820	I I40	0 360	0 240
DETTE					50 %	0
POULS	76	I30	I28	I50	I20	I20
⍺.C02	54 5	47 75		REACT	METAB	GAZ
P H	7 37	7 32		P H	7 3I	7 32
P C02	4I	40		D.P H	- 6	+ I
02 %	92	92		Hematocrite : 45 %		

la charge a été augmentée inconciemment par le sujet lui même

- OBSERVATION N° 46 -

COR..... Marius

age : 58 sexe : M
T. : I,67 poids : 74

Tuberculose pulmonaire ancienne traitée par pneumothorax bilaterral

E C G : tracé normal

C.V.	3 480	I00
VEMS	I 860	77
MBC	55 800	77 5
A.R.	I 835	30

T.	0	5	I0	I5	3	6
WATTS	0	I00	I00	I00	0	0
V.M.	8 490	22 350	24 I50	25	I9	I3 860
CONS.02	0 240	0 900	0 8I0	0 930	0 240	0 270
DETTE					0	0
POULS	88	I20	I24	I28	I04	90
∅.C02	50 3	44 5		REACT	METAB	GAZ
P H	7 37	7 36		P H	7 33	7 36
P C02	38	34 5		D.P H	- 4	+ 3
02 %	94	94		Hematocrite : 43 %		

- OBSERVATION N° 47 -

MAS..... Ange

age : 63 sexe : M
T. : I,68 poids : 54,7

Tuberculose ulcero-caseeuse etandue

E C G : tracé normal

C.V.	3 000	88
VEMS	2 460	I00
MBC	73 800	I00
A.R.	I 590	32

Q.R. au repos : 0,76

T.	0	2	4		3	6
WATTS	0	I00	80		0	0
V.M.	I0 050	30 840	38 820		I6 380	I3 200
CONS.02	0 2I0	I 020	0 8I0		0 300	0 300
DETTE					42 %	42 %
POULS	77	II6	I28		96	84
∅.C02	53 7	44 8		REACT	METAB	GAZ
P H	7 32	7 32		P H	7 27	7 32
P C02	45 5	37 9		D.P H	- 5	+ 5
02 %	95 5	95 5		Hematocrite : 38 %		

malaise imposant l'abandon a la 4° minute

- OBSERVATION N° 48 -

RAF ..... Rose

age : 37 sexe : F
T. : I,55 poids : 53

Tuberculose pulmonaire
pleuresie droite

E C G : tracé normal

C.V.	2 I30	79				
VEMS	I 650	8I 5				
MBC	49 500	72 5				
A.R.	0 260	9				
T.	0	5	I0	I5	3	6
WATTS	0	60	60	60	0	0
V.M.	5 280	II 500	I2 700	I4 070	I0	5 730
CONS.02	0 240	0 630	0 550	0 600	0 300	0 2I0
DETTE					25 %	0
POULS	68	I20	I30	I52	I50	I44
ß.C02	57 6	54		REACT	METAB	GAZ
P H	743	7 38		P H	7 39	7 38
P C02	38 3	40		D.P H	- 4	- I
02 %	95	95		Hematocrite : 39 %		

- OBSERVATION N° 49 -

DE S.... Etienne

age : 49 sexe : M
T. : I,68 poids : 63

Tuberculose pulmonaire
thoracoplastie gauche

E C G : tracé normal

C.V.	2 370	66				
VEMS	I 350	53				
MBC	40 800	50				
A.R.	0 760	I6 5				
T.	0	5	I0	I5	3	6
WATTS	0	60	60	60	0	0
V.M.	8 670	20 640	24 500	30	I8 240	I7 820
CONS.02	0 270	0 750	0 720	0 850	0 600	0 360
DETTE					I22 %	33 %
POULS	84	I20	I32	I50	II6	II6
ß.C02	56 6	47 2		REACT	METAB	GAZ
P H	7 33	7 30		P H	7 26	7 30
P C02	46	4I		D.P H	- 7	+ 4
02 %	93	93		Hematocrite : 5I %		

- OBSERVATION N° 50 -

EUV.....

age : 3I sexe : M
T. : I,72 poids : 58,8

tuberculose pulmonaire
pneumothorax gauche

E C G : tracé normal

C.V.	3 900	98				
VEMS	2 340	77				
MBC	70 200	68				
A.R.	0 890	I8	Q.R. au repos : 0 77			
T.	0	5	I0	I5	3	6
WATTS	0	I20	I20	I20	0	0
V.M.	6 690	23 900	27 500	28 I00	I2 I20	8 670
CONS.02	0 240	I 020	0 990	I 220	0 360	0 380
DETTE					50 %	50 %
POULS	60	I24	I28	I20	88	76
T.A.						
ß.C02	55 54	50		REACT.	METAB.	GAZ.
P H	7 38	7 34		P H	7 33	7 34
P C02	4I	40		D.P H	-5	+ I
02 %	94	94		Hematocrite : 40 %		

- OBSERVATION N° 5I -

COI .....

age : 33 sexe : M
T. : I,78 poids : 74

tuberculose pulmonaire
poumon droit detruit
inversion viscerale

E C G : tracé normal
compte tenu de
l'invetsion

C.V.	2 550	59				
VEMS	0 990	30 5				
MBC	29 700	27 5				
A.R.	I 055	29	Q.R. au repos			
T.	0	5	I0	I5	3	6
WATTS	0	I00	I00	I00	0	0
V.M.	7 680	I9 600	22 500	24	I8 600	I2 540
CONS.02	0 240	I 290	I I40	I 050	0 670	0 330
DETTE					I79 %	37 %
PUOLS	64	96	I24	I20	II5	92
T.A.						
ß.C02	54	47 3		REACT.	METAB.	GAZ.
P H	7 40	7 37		P H	7 35	7 37
P C02	38 4	36		D.P H	- 5	+ 2
02 %	93	95		Hematocrite : 43 %		

- OBSERVATION N° 52 -

MES.....Ariski

age : 4I sexe : M
T. : I,72 poids : 70

tuberculose pulmonaire

C.V.	3 360	86				
VEMS	2 520	92 5				
MBC	90	I00				
A.R.	0 635	I4	Q.R. au repos :			
T.	0	5	I0	I5	3	6
WATTS	0	I20	I20	I20	0	0
V.M.	8 6I0	25 I70	22 500	23	I5 5	II
CONS.02	0 270	I 050	I II0	I 320	0 450	0 420
DETTE					66 %	55 %
POULS	84	I24	I30	I40	I00	84
T.A.						
%.C02	52 7	43 5		REACT METAB.		GAZ.
P H	7 37	7 33		P H	7 30	7 33
P C02	40	36		D.P H	- 7	+ 3
02 %	95 5	95 5		Hematocrite : 42 %		

E C G : tracé normal

- OBSERVATION N° 53 -

GA ..... Henri

age : 67 sexe : M
T. : I,68 poids : 57,6

cancer du poumon
bilan pre operatoire

C.V.	2 880	7I				
VEMS	I 380	6I				
MBC	4I 400	6I				
A.R.	I I50	26	Q.R. au repos :			
T.	0	5	I0	I5	3	6
WATTS	0	60	60	60	0	0
V.M.	8 640	24 I50	23 600	25 I70	I5	I2 600
CONS.02	0 370	0 600	0 690	0 700	0 750	0 480
DETTE					II0 %	29 %
POULS	88	II2	II2	I20	II0	88
T.A.						
%.C02	56 6	36		REACT.	META.	GAZ.
P H	7 32	7 37		P H	7 20	7 37
P C02	47	27 2		D.P H	- I2	+ I7
02 %	93	93		Hematocrite :		

E C G : tracé normal

- OBSERVATION N° 54 -

FU ..... Henri

age :42 sexe : M
T. :I,74 poids : 66

tuberculose ulcero-caseeuse etandue bilaterale

E C G : tracé normal

C.V.	4 I70	I00				
VEMS	2 690	93				
MBC	78 300	87				
A.R.	0 905	I8	Q.R. au repos : 0,92			
T.	0	5	I0	I5	3	6
WATTS	0	I00	I00	I00	0	0
V.M.	II 520	23 640	26 200	30	I6	II 400
CONS.02	0 390	I 260	I 260	I 260	0 420	0 420
DETTE					8 %	8 %
POULS	75	II6	I20	I28	84	84
T.A.						
ß.CO2	54 5	49 25		REACT	METAB.	GAZ.
P H	7 38	7 37		P H	7 35	7 37
P CO2	40 5	37 3		D.P H	- 3	+ 2
02 %	94	95 5		Hematocrite : 46 %		

- OBSERVATION N° 55 -

CO .....

age : 47 sexe : M
T. : I,70 poids : 79,3

tuberculose pulmonaire pneumothorax bilaterral

E C G : tracé normal

C.V.	3 I20	9I				
VEMS	2 460	93				
MBC	73 800	87				
A.R.	0 980	23	Q.R. au repos :			
T.	0	5	I0	I5	3	6
WATTS	0	I00	I00	I00	0	0
V.M.	7 830	26	3I 650	38 700	...	I2
CONS 02	0 I80	0 300	0 420	0 5I0	...	0 I80
DETTE						0
POULS	76	II8	I20	I40		
T.A.						
ß.CO2	5I 35	46 37		REACT.	METAB.	GAZ.
P H	7 35	7 29		P H	7 30	7 29
P CO2	40	42		D.P H	- 5	- I
02 %	94	94		Hematocrite :		

- OBSERVATION N° 56 -

RA ..... Jean

age : 49 sexe : M
T. : I,59 poids : 68,5

tuberculose pulmonaire

E C G : tracé normal

C.V.	2 700	84				
VEMS	I II0	5I				
MBC	36 720	5I				
A.R.	I 925	4I	Q.R. au repos :			
T.	0	5	I0	I5	3	6
WATTS	0	I00	I00		0	0
V.M.	II 380	22 730	25		...	I3 800
CONS.02	0 I80	0 900	0 900			0 330
DETTE						82 %
POULS	I04	I32	I40			II6
T.A.						
ß.C02	49	39 5	REACT.	METAB.	GAZ.	
P H	7 37	7 26	P H	7 27	7 26	
P C02	37 2	38 I	D.P H	- I0	- I	
02 %	90	93	Hematocrite :			

abandon a la 7° minute

- OBSERVATION N° 57 -

SI ..... Roger

age : 57 sexe : M
T. : I,60 poids : 55,6

sclerose pulmonaire
bronchite chronique

ECG : tracé normal

C.V.	2 600	83				
VEMS	I I70	53				
MBC	35 I00	53				
A.R.	I 480	37	Q.R. au repos :			
T.	0	5	I0	I5	3	6
WATTS	0	60	60	60	0	0
V.M.	9 360	2I	2I 900	30		I2 660
CONS.02	0 300	0 750	0 750	0 780		0 300
DETTE						0 %
POULS	53	92	96	II2		68
T.A.						
ß.C02	52 I	52 I	REACT.	METAB.	GAZ.	
P H	7 34	7 36	P H	7 35	7 36	
P C02	42	40	D.P H	+ I	+ I	
02 %	9I 5	9I 5	Hematocrite :			

- OBSERVATION N° 58 -

ROU..... Paul

age : 6I sexe : M
T. : I,54 poids : 54,5

cancer du lobe inf. droit

E C G : tracé normal

C.V.	2 700	84				
VEMS	I 800	80				
MBC	59	80 5				
A.R.	I 320	30	Q.R. au repos :			
T.	0	5	I0	I5	3	6
WATTS	0	80	80	80	0	0
V.M.	9 500	2I	23	24 480	I4	...
CONS.02	0 2I0	0 690	0 480	0 600	0 300	
DETTE					42 %	
POULS	76	II6	I2I	I22		
T.A.						
∅.C02	56 33	44		REACT.	METAB.	GAZ.
P H	7 38	7 40		P H	7 3I	7 40
P C02	4I	3I 3		D.P H	- 7	+ 9
02 %	94	92		Hematocrite :		

- OBSERVATION N° 59 -

QU .....

age : 48 sexe : M
T. : I,84 poids : 86

tumeur bronchique

E C G : tracé normal

C.V.	5 0I0	I00				
VEMS	2 790	9I				
MBC	83 700	85				
A.R.	I I50	I8	Q.R. au repos : 0,73			
T.	0	5	I0	I5	3	6
WATTS	0	I00	I00	I00	0	0
V.M.	9 330	23 700	30 800	37	I6 600	
CONS.02	0 330	I 000	0 780	I II0	0 480	
DETTE					45 %	
POULS	84	I24	I36	I60	I08	
T.A.						
∅.C02	5I	48 2		REACT.	METAB.	GAZ.
P H	7 38	7 33		P H	7 34	7 33
P C02	37 9	39 9		D.P H	- 4	- I
02 %	94	80		Hematocrite :		

- OBSERVATION N° 60 -

LAN.....Dina

age : 62 sexe : F
T. : I,57 poids : 59

tumeur parietale posterieure du thorax

E C G : tacchycardie sinusale

C.V	2 520	I00				
VEMS	I 800	I00				
MBC	54	I00				
A.R.	I 435	36	Q.R. au repos :			
T.	0	5	I0	I2	3	6
WATTS	0	45	45	45	0	0
V.M.	9 030	I3 600	I3 900	I5 300	I0	8 460
CONS.02	0 2I0	0 960	0 900	0 960	0 300	0 300
DETTE					30 %	30 %
POULS	88	I20	I28	I24	I24	92
T.A.						
∅.C02	58	49 8		REACT.	METAB.	GAZ.
P H	7 40	7 43		P H	7 36	7 43
P C02	4I	33		D.P H	- 4	+ 7
02 %	94	94		Hematocrite : 42 %		

abandon a la I2° minute pour fatigue musculaire

- OBSERVATION N° 6I -

DIL.....

age : 50 sexe : M
T. : I,66 poids : 50

cancer de l'oesophage bilan pre-operatoire

E C G : tracé normal

C.V.	3 600	86				
VEMS	2 250	90				
MBC	78 66	I00				
A.R.	I 635	3I 5	Q.R. au repos :			
T.	0	5	I0		3	6
WATTS	0	I00	I00		0	0
V.M.	6 390	24 570	26 500			II 800
CONS.02	0 270	0 900	0 930			0 300
DETTE						I0 %
POULS	68	I20	I36			92
T.A.						
∅.C02	53 45	49 2I		REACT.	METAB.	GAZ.
P H	7 35	7 3I		P H	7 3I	7 3I
P C02	42	42		D.P H	- 4	0
02 %	94	94		Hematocrite : 38 %		

arret a la io° minute pour douleurs au niveau du genou sequelle de cerclage de le rotule

- OBSERVATION N° 62 -

GO ..... Ernest

age : 53 sexe : M
T. : I,67 poids : 66,4

tuberculose pulmonaire

E C G : tracé normal

C.V.	2 490	7I				
VEMS	I 950	79				
MBC	84 060	I00				
A.R.	0 720	I7		Q.R. au repos : 0,82		
T.	0	5	I0	I5		
WATTS	0	80	60	60		
V.M.	9 900	23 500	20	22 500		
DETTE						
CONS.02	0 330	0 990	0780	0 900		
POULS	7I	I60	I60	I48		
T.A.						
∅.C02	60 5	48		REACT.	METAB.	GAZ.
P H	7 42	7 37		P H	7 33	7 37
P C02	4I	36 4		D.P H	- 9	+4
02 %	94	95		Hematocrite : 47 %		

pouls a I60 a la 5° minute : on passe au pallier inferieur
recuperation non enregistree malade indocile

- OBSERVATION N° 63 -

COU..... Aimé

age : 64 sexe : M
T. I,87 poids : I07

bronchite chronique
insuffisance respiratoire
cliniquement importante

E C G : tracé normal

C.V.	3 270	76				
VEMS	I 770	40				
MBC	53 I00	59				
A.R.	I 250	22 5		Q.R. au repos : 0,70		
T.	0	5	I0	I5	3	6
WATTS	0	80	80	...	0	0
V.M.	9 2I0	I6 200	I7	...	I3	9 2I0
CONS.02	0 300	0 960	0 900	...	0 570	0 390
DETTE					90 %	30 %
POULS	72	I28	I20	...	92	76
T.A.						
∅.C02	58 7	54 7		REACT.	METAB.	GAZ.
P H	7 38	7 34		P H	7 34	7 34
P C02	43	43		D.P H	- 4	0
02 %	92	92		Heamtocrite : 47 %		

abandon a la I0° minute (gros ulceres variqueux)

- OBSERVATION N° 64 -

FOY.....

age : 40 sexe : F
T. : I,66 poids : 66

C.V.	2 460	66
VEMS	I 400	54
MBC	92 8	5I
A.R.	I 550	25
T.	0	5
WATTS	0	I00
V.M.	7 800	30 400
CONS.02	0 240	0 720
DETTE		
POULS	78	I20
∅.C02	53 4	49 8
P H	7 37	7 32
P C02	40	42
02 %	94	83

Q.R. au repos :

I0	I5	3	6	
I00	I00	0	0	
32 300	36 800	I3		
I 080	I 350	0 570		
		I37 %		
I28	I40	I08		
	REACT.	METAB.	GAZ.	
	P H	7 33	7 32	
	D.P H	- 4	- I	
	Hematocrite :			

- OBSERVATION N° 65 -

JAR .....

ouvrier agricole

age : 47 sexe : M
T. : I,76 poids : 68

diverticule de l'oesophage
bilan pre-operatoire

E C G : tracé normal

C.V.	4 500	I00
VEMS	2 700	96
MBC	8I	90
A.R.	2 340	34
T.	0	5
WATTS	0	I20
V.M.	I3 080	50 700
CONS.02	0 240	0 870
DETTE		
POULS	72	I40
T.A.	I2/9	
∅.C02	50 57	36 44
P H	7 39	7 29
P C02	36 5	33
02 %	95	95

Q.R. au repos :

I0	I5	3	6	
I00	...	0	0	
49 7I0	...	27	20 250	
0 840	...	0 630	0 450	
		I72 %	87 %	
I32	...	I20	84	
2I/I0				
	REACT.	METAB.	GAZ.	
	P H	7 26	7 29	
	D.P H	- I3	+ 3	
	Hematocrite : 50 %			

abandon a la I0° minute pour gene respiratoire

- OBSERVATION N° 66 -

JAS..... Victor — mineur

age : 4I sexe : M — tuberculose pulmonaire
T. : I,67 poids : 55

E C G : tracé normal

C.V.	2 940	79				
VEMS	I 800	69				
MBC	54	65				
A.R.	0 655	I5	Q.R. au repos :			
T.	0	5	I0	I5	3	6
WATTS	0	80	80	80	0	0
V.M.	6 8I0	I6 560	I6 200	I7 400	II 020	9 750
CONS 02	0 240	I 050	0 960	0 990	0 5I0	0270
DETTE					II0 %	I2 %
POULS	76	I20	I24	I24	90	80
T.A.	I0/7			I5/9		
∅.C02	5I 8	53		REACT.	METAB.	GAZ.
P H	7 30	7 3I		P H	7 3I	7 3I
P C02	45	45		D.P H	+ I	0
02 %	94	94		Hematocrite : 5I		

- OBSERVATION N° 67 -

RAS..... Mohamed — mineur

age : 39 sexe : M — retrecissement mitral
T. : I,7I poids : 60

E C G : tracé normal

C.V.	4 020	I00				
VEMS	2 550	88				
MBC	76 500	96				
A.R.	I 260	24		Q.R. au repos 0,90		
T.	0	5	I0	I5	3	6
WATTS	0	I00	I00	I00	0	0
V.M.	7 470	I8 240	22	22 800	I5	8 940
CONS.02	0 240	0 900	0 840	0 900	0 280	0 2I0
DETTE					I6 %	0
POULS	72	I04	I08	I20	90	72
T.A.	II/6			I4/8		
∅.C02	52 66	45 600		REACT.	METAB.	GAZ
P H	7 35	7 35		P H2	7 3I	7 35
P C02	4I	36		D.P H	- 4	+ 4
02 %	94	94		Hematocrite : 43 %		

- OBSERVATION N° 68 -

PIE ..... Jean — chauffeur

age : 53 sexe : M — E O A bronchique
T. : I 67 poids : 62 — bilan pre operatoire

E C G : tracé normal

C.V.	3 720	I00				
VEMS	2 490	I00				
MBC	80 0I0	I00				
A.R.	I 390	27	Q.R. au repos :			
T.	0	5	I0	I5	3	6
WATTS	0	I00	I00	I00	0	0
V.M.	7 770	26 880	32 I90	32	I4	8 670
CONS 02	0 I80	I 260	I 050	I 320	0 360	0 2I0
DETTE					I00 %	I6 %
POULS	95	I36	I44	I50	I04	84
T.A.	I3/9			20/9		
∅.C02	6I	52 4		REACT.	METAB.	GAZ.
P H	7 38	7 40		P H	7 34	7 40
P C02	45	37		D.P H	- 4	+ 6
02 %	94	94		Hematocrite : 44 %		

- OBSERVATION N° 69 -

PI ..... André — docker

age : 54 sexe : M — cancer du poumon
T. : I,66 poids : 63,5 — bilan pre operatoire

E C G : tracé normal

C.V.	4 680	I00				
VEMS	2 220	93				
MBC	66 600	94				
A.R.	I 495	24	Q.R. au repos			
T.	0	5	I0	I5	3	6
WATTS	0	60	60	60	0	0
V.M.	I0 I70	I9 680	22 700	22 500	I8	I2 060
CONS 02	0 300	0 750	0 780	0 800	0 450	0 330
DETTE					50 %	I0 %
POULS	I00	I24	I36	I36	II0	...
T.A.	I2/7			I8/II		
∅.C02	4I 4	55		REACT.	METAB.	GAZ.
P H	7 32	7 35		P H	7 4I	7 35
P C02	35	43		D.P H	+ 9	- 6
02 %	94	94		Hematocrite :		

- OBSERVATION N° 70 -

PO ..... Maurice — fromager

age : 60 sexe : M
T. : I,75 poids : 76

kystes aeriens du poumon
tuberculose pulmonaire

E C G : déviation axiale gauche

C.V.	4 650	I00				
VEMS	2 640	99				
MBC	79 200	99				
A.R.	I 600	25 5	Q.R. au repos :			
T.	0	5	I0	I5	3	6
WATTS	0	80	80	80	0	0
V.M.	9 540	2I	22 680	25 300	I5 390	I2 660
CONS.02	0 270	I 260	I II0	I I20	0 5I0	0 390
DETTE					88 %	48 %
POULS	80	II2	II6	I08	92	88
T.A.	I4/9			I7/9		
∮.C02	56 6	49 8		REACT.	METAB.	GAZ.
P H	7 38	7 34		P H	7 33	7 34
P C02	42	40		D.P H	- 5	+ I
02 %	94	94		Hematocrite : 46 %		

- OBSERVATION N° 7I -

RI ..... Dina — interprete

age : 50 sexe : F
T. : I,60 poids : 53

tuberculose pulmonaire

E C G : tracé normal

C.V.	2 I60	80				
VEMS	I 350	7I				
MBC	40 500	7I				
A.R.	I 270	37		Q.R. au repos : 0,75		
T.	0	5	I0	I5	3	6
WATTS	0	45	45	45	0	0
V.M.	9 690	I7 850	25 020	25	I4 220	II 070
CONS.02	0 330	0 5I0	0 570	0 660	0 360	0 240
DETTE					I0 %	0
POULS	92	I00	I08	I08	88	88
T.A.	I4/8			I7/8		
∮.C02	55 3	43		REACT.	METAB.	GAZ.
P H	7 43	7 35		P H	7 33	7 35
P C02	36 8	35		D.P H	- I0	+ 2
02 %	88	90		Hematocrite : 40 %		

- OBSERVATION N° 72 -

GU ..... Henri — employé E D F

age : 49 sexe : M
T. : I,69 poids : 60

E O A du plancher bucoal

E C G : tracé normal

C.V.	4 290	I00				
VEMS	2 970	I00				
MBC	89 I00	83				
A.R.	0 960	I8	Q.R. au repos : 0,70			
T.	0	5	I0	I5	3	6
WATTS	0	40	40	40	0	0
V.M.	7 950	9 930	II	I2 600	9 330	7 I00
CONS.02	0 270	0 720	0 450	0 5I0	0 420	0 240
DETTE					55 %	0
POULS	96	II0	I20	I08	I00	92
T.A.	I2/8			I3/9		
∅.C02	52 I4	54		REACT.	METAB.	GAZ.
P H	7 35	7 38		P H	7 37	7 38
P C02	4I	40		D.P H	+ 2	+ I
02 %	94	94		Hematocrite : 44 %		

- OBSERVATION N° 73 -

ADN..... Kadour

age :22 sexe : M
T. :I,67 poids : 69

tuberculose pulmonaire

E C G : tracé normal

C.V.	3 900	97				
VEMS	2 880	96				
MBC	86 400	86				
A.R.	0 6I5	I3	Q.R. au repos : 0,76			
T.	0	4	I0		3	6
WATTS	0	I40	I20		0	0
V.M.	7 4I0	38 I00	40 440		2I 990	
CONS.02	0 240	I 440	I 050		0 750	
DETTE					2I2 %	
POULS	80	I50	I60		I08	
T.A.	II/6		I2/6			
∅.C02	50 3	33 8		REACT.	METAB.	GAZ.
P H	7 38	7 I8		P H	7 I6	7 I8
P C02	37 5	39		D.P H		
02 %	94	94		Hematocrite : 52 %		

acceleration du pouls indiquant l'arret de l'epreuve a la 9° minute

- OBSERVATION N° 74 -

HEM.....

journalier

age : 37 sexe : M
T. : I,77 poids : 7I

tuberculose pulmonaire
pneumothorax droit

E C G : surcharge ventriculaire gauche

C.V.	3 420	80				
VEMS	I 740	54				
MBC	52 200	49				
A.R.	I 495	30	Q.R. au repos : 0,8I			
T.	0	5	I0	I5	3	6
WATTS	0	40	40	40	0	0
V.M.	9 450	9 3I0	I0 650	9 990	9 I50	9 450
CONS.02	0 300	0 600	0 480	0 540	0 240	0 240
DETTE					0	0
POULS	73	88	92	92	76	88
T.A.	II/5			I4/9		
$\dot{V}$.CO2	56	59 48		REACT.	METAB	GAZ
P H	7 37	7 35		P H	7 38	7 35
P CO2	42	47		D.P H	+ I	- 3
02 %	94	94		Hematocrite :		

L'effort proposé etait :I00 W le sujet n'a jamais cherché a dépasser 40 W et a fort mal collaboré

- OBSERVATION N° 75 -

WAL..... Martin

journalier

age : 55 sexe : M
T. : I,67 poids : 63

tuberculose pulmonaire

E C G : surcharge ventriculaire droite

C.V.	2 640	75				
VEMS	I 050	43				
MBC	32 400	44				
A.R.	I 9I0	42	Q.R. au repos : 0,77			
T.	0	5	I0	I5	3	6
WATTS	0	60	60	60	0	0
V.M.	I0 200	I3 860	I4 300	I5 300	II 850	I0 620
CONS.02	0 330	0 750	0 750	0 8I0	0 390	0 390
DETTE					I0 %	I0 %
POULS	84	I08	II0	I20	96	92
T.A.	II/7			I6/9		
$\dot{V}$.CO2	6I	50		REACT.	METAB.	GAZ.
P H	7 46	7 33		P H	7 36	7 33
P CO2	38	4I		D.P H	- I0	- 3
02 %	90	90		Hematocrite : 43 %		

- OBSERVATION N° 76 -

MO ..... Albert — menuisier

age : 50 sexe : M
T. : I 6I poids : 58 5

cancer bronchique
bilan pre opératoire

E C G : tracé normal

C.V.	3 450	I00				
VEMS	2 550	I00				
MBC	76 500	I00				
A.R.	0 940	2I	Q.R. au repos : 0 77			
T.	0	5	I0	I5	3	6
WATTS	0	I00	I00	I00	0	0
V.M.	8 I30	I9 7I0	2I 230	2I 750	II 560	8 6I0
CONS.02	0 270	0 840	0 8I0	0 900	0 360	0 270
DETTE					33 %	0
POULS	84	II6	I20	I32	II2	96
T.A.	I2/8			I8/9		
$\dot{V}$.CO2	55 8	46 6		REACT.	METAB.	GAZ.
P H	7 35	7 36		P H	7 29	7 36
P CO2	46	36		D.P H	- 6	+ 7
02 %	95	95	Hematocrite : 38 %			

- OBSERVATION N° 77 -

CRU..... Albert — mineur

age : 4I sexe : M
T. : I 69 poids : 84

silicose pulmonaire
expertise

E C G : tracé normal

C.V.	4 200	I00				
VEMS	3 2I0	I00				
MBC	96 300	I00				
A.R.	0 575	I2	Q.R. au repos : 0 80			
T.	0	5	I0	I5	3	6
WATTS	0	I20	I20	I20	0	0
V.M.	I0 II0	I9 440	22	25 500	8 820	8 040
CONS.02	0 240	0 990	I 050	I I40	0 420	0 390
DETTE					75 %	62 %
POULS	68	96	96	I08	68	72
T.A.	I2/7			I5/7		
$\dot{V}$.CO2	54	57		REACT.	METAB.	GAZ.
P H	7 37	7 35		P H	7 37	7 35
P CO2	4I	45		D.P H	0	- 2
02 %	94	94	Hematocrite : 4I %			

- OBSERVATION N° 78 -

COM..... Robert

capitaine

age : 41 sexe : M
T. : I 63 poids : 62

cancer du poumon
bilan pre operatoire

E C G : tracé normal

C.V.	3 000	86
VEMS	2 400	98
MBC	74 800	94
A.R.	I 340	3I
T.	0	5
WATTS	0	I00
V.M.	8 I00	2I 480
CONS.02	0 270	0 840
DETTS		
POULS	96	I32
T.A.	I3/8	
$\dot{V}$.C02	54 7	46 37
P H	7 33	7 3I
P C02	45	40
02 %	9I	9I

Q.R. au repos : 0 8I

I0		3	6
I00		0	0
22 600		I6 380	I4 300
0 8I0		0 720	0 330
		I66 %	22 %
I40		I08	88
I9/9			

REACT.	METAB.	GAZ.
P H	7 27	7 3I
D.P H	- 6	+ 4
Hematocrite :		

abandon a la I0e minute (fatigue musculaire)

- OBSERVATION N° 79 -

JOU..... Roger

pilote aviateur

age : 53 sexe : M
T. : I 62 poids : 57

pleuresie purulente

E C G : tracé normal

C.V.	2 I90	66	
VEMS	I 560	57	
MBC	56 430	8I	
A.R.	I 580	32	
T.	0	5	I0
WATTS	0	80	80
V.M.	II 580	28 620	3I 830
CONS.02	0 240	0 900	0 900
DETTE			
POULS	96	I24	I36
T.A.	I0/6		
$\dot{V}$.C02	6I 8	55 6	
P H	7 38	7 36	
P C02	53	43	
02 %	92	9I	

Q.R. au repos :

I5	3	6
80	0	0
33	I4 430	I3 7I0
0 970	0 5I0	0 480
	II2 %	I00 %
I40	I24	I08
I6/8		

REACT.	METAB.	GAZ.
P H	7 34	7 36
D.P H	- 4	+ 2
Hematocrite :		

- OBSERVATION N° 80 -

KHE..... Ayache — forgeron

age : 40 sexe : M — tuberculose pulmonaire
T. : I 75 poids : 6I,7

E C G : déviation axiale droite isolée

C.V.	2 550	62				
VEMS	I 350	47				
MBC	40 500	44				
A.R.	I 475	36 5	Q.R. au repos : 0 79			
T.	0	5	I0	I5	3	6
WATTS	0	80	80	80	0	0
V.M.	II 640	2I 030	25 260	25 260	I6 560	II 580
CONS.02	0 240	0 600	0 920	0 990	0 570	0 450
DETTE					I37 %	87 %
POULS	75	II6	I24	I24	I00	96
T.A.	II/7			I5/8		
∅.C02	54 76	52 4		REACT	METAB	GAZ
P H	7 38	7 32		P H	7 34	7 32
P C02	40	44		D.P H	- 4	- 2
02 %	92	90		Hematocrite : 42 %		

- OBSERVATION N° 8I -

PAU..... José — soudeur

age : 40 sexe : M — sclerose pulmonaire asthme
T. : I,63 poids : 6I,5

E C G : tracé normal

C.V.	3 I20	89				
VEMS	I 800	74				
MBC	67 230	85				
A.R.	I 655	32	Q.R. au repos : 0 7I			
T.	0	5	I0	I5	3	6
WATTS	0	80	80	80	0	0
V.M.	7 920	I8 900	20 220	2I 5I0	I2 750	I0 I40
CONS.02	0 360	I 050	I 230	I 260	0 540	0 300
DETTE					50 %	0
POULS	78	I04	II6	II6	96	88
T.A.	I4/I0			I9/9		
∅.C02	50 5	56 3		REACT.	METAB.	GAZ.
P H	7 45	7 40		P H	7 47	7 40
P C02	32	40		D.P H	+ 2	- 7
02 %	94	95		Hematocrite : 45 %		

- OBSERVATION N° 82 -

PI ..... Vincent

chauffeur

age : 56 sexe : M
T. : I,62 poids : 63,5

broncho-pneumopathie chronique avec insuffisance respiratoire

E C G : surcharge biventriculaire

C.V.	3 600	I00				
VEMS	I 890	83				
MBC	57 700	85				
A.R.	I 245	25 5		Q.R. au repos : 0 80		
T.	0	5	I0	I5	3	6
WATTS	0	I20	I20	I20	0	0
V.M.	8 520	22 I40	24	25 I40	I7 950	I5
CONS.02	0 270	0 930	0 960	0 960	0 430	0 330
DETTE					59 %	II %
POULS	70	I00	I04	I04	80	80
T.A.	I5/7			I8/I0		
∅.C02	56 33	50 83		REACT.	METAB.	GAZ.
P H	7 34	7 38		P H	7 32	7 38
P C02	45 6	38 3		D.P H	- 2	+ 6
02 %	93	9I		Hematocrite : ..		

- OBSERVATION N° 83 -

INU..... Louis

cultivateur

age : 54 sexe : M
T. : I,57 poids : 47,2

sténose bronchique

E C G : surcharge auriculaire droite

C.V.	2 I60	7I				
VEMS	I 200	56				
MBC	36 900	57				
A.R.	I 860	38		Q.R. au repos : 0 75		
T.	0	5	8	I5	3	6
WATTS	0	80	60	60	0	0
V.M.	8 880	2I 900	3I 230	25 680	I3 980	I0 200
CONS.02	0 I80	I 050	0 840	0 8I0	0 370	0 330
DETTE					I00 %	83 %
POULS	84	I24	I52	I40	U32	II6
T.A.	I3/8			II/5		
∅.C02	50	55		REACT.	METAB.	GAZ.
P H	7 36	7 43		P H	7 42	7 43
P C02	38 75	36 6		D.P H	+ 4	+ I
02 %	92	90		Hematocrite : 44 %		

épreuve de 80 W non tolérée
épreuve de 60 W tenue 9 minutes

- OBSERVATION N° 84 -

JAP..... Henri — manoeuvre maçon

age : 30 sexe : M — retrecissement mitral
T. : I,70 poids : 63 — hypertension pulmonaire

E C G : surcharge ventriculaire droite

C.V.	3 990	98				
VEMS	2 670	88				
MBC	80 I00	79				
A.R.	0 740	I5 5	Q.R. au repos : 0 85			
T.	0	6	I0	I5	3	6
WATTS	0	60	45	45	0	0
V.M.	5 430	25 I70	24 720	22 200	I2 2I0	I0 830
CONS.02	0 2I0	I 230	I 050	I 020	0 400	0 360
DETTE					90 %	7I %
POULS	62	I60	I44	I44	I04	84
T.A.	II/5			I9/9		
$\dot{V}$.CO2	60 7	49 5		REACT.	METAB.	GAZ.
P H	7 38	7 33		P H	7 30	7 33
P CO2	45	4I		D.P H	- 8	+ 3
02 %	95	92		Hematocrite : 46 %		

épreuve de 60 W non tolérée (pouls a I60)
épreuve de 45 W tenue 9 minutes

- OBSERVATION N° 85 -

BOU..... Salah — manoeuvre

age : 29 sexe : M — tuberculose pulmonaire
T.:: : I,62 poids : 6I

E C G : tracé normal

C.V.	3 660	I00				
VEMS	3 000	I00				
MBC	90 000	98				
A.R.	0 720	I6	Q.R. au repos : 0 76			
T.	0	5	I0	I5	3	6
WATTS	0	I20	I20	I20	0	0
V.M.	I0 770	27 2I0	29 0I0	27 900	I0 980	I0 I00
CONS.02	0 420	I 440	I 380	0 990	0 660	0 330
DETTE					57 %	0
POULS	74	I32	I30	I28	90	80
T.A.	I2/7			I6/9		
$\dot{V}$.CO2	58	49		REACT.	METAB.	GAZ.
P H	7 42	7 43		P H	7 37	7 43
P CO2	39	33		D.P H	- 5	+ 6
02 %	94	96		Hematocrite : 43 %		

SYMBOLISME UTILISÉ DANS LES TABLEAUX

VM	— ventilation minute
MBC	— maxima breathing capacity
MBC % n	— pourcentage de la normale (MBC)
W	— puissance réalisée
pH P CO_2 O_2 %	— données chimiques au repos
% VM	— pourcentage d'augmentation de la ventilation entre la 10e et la 15e minute
M G	— données du diagramme des pH
D O_2 %	— variation de saturation oxyhémoglobinée
P 15	— pouls à la 15e minute
Cons. O_2 %	— consommation d'O_2 calculée en pourcentage de la normale à la 15e minute

O_2	— dette d'O_2
V	— différence entre la ventilation à l'époque considérée et la ventilation au repos
P	— pouls à l'époque considérée
Po	— pouls au repos

GAIN DE VENTILATION INFERIEUR A 4 %

IA

OBS	VM	MBC	%MBCN	W	pH	P.Co¹	HbO%	1%VM	M	G	Z	ΔO¹%	cons O² %N	P15	Récupération 3' O¹	Récupération 3' V	Récupération 3' P	Récupération 6' O¹	Récupération 6' V	Récupération 6' P	Po
N°4	9,780	40,500	50	60	7,39	4I	95 5	0	0	0	0	0	82,5	II8	7I	5,I20	80	90	I,420	80	80
N°5	9,930	73,800	I00		7,37	36,4	94	0	+- I	- 3	- 2	0	.. .	I20	I00	4,070	I00	0	2,070	94	88
N°6	8,250	II7,000	I00	I20	7,33	47	95	0	0	+ 5	+ 5	0	76	I40	75	4,I60	88	0	3,750	76	72
N°7	8,550	38,700	93	80	7,29	47	90	2	+ 3	+ 2	+ 5	0	9I	I24	73	8,300	I00	0	I,000	92	70
N°I5	8,500	68,400	72	I00	7,37	39	94	2	- I	- 4	- 5	0	I45	I40	33	0,260	I04	..	. ...	..	84
N°25	8,520	50,400	78	80	7,39	38	92	0	- 2	- 4	- 6	0	87	I25	2I4	9,570	I00	7I	4,880	96	64
N°29	7,590	48,700	68	60	7,36	40	92	4	- 2	+ 4	+ 2	- I	8I	I32	...	. ...	...	85	3,070	I08	92
N°32	8,520	53,000	77	60	7,43	36,6	92	4	- 3	+ I	- 2	0	I23	I40	...	. ...	...	I00	2,880	II6	96
N°35	I0,620	59,400	79	I00	7,40	39,8	92	0	- I0	+ 3	- 7	0	83	I20	27	4,400	...	0	I,400	88	66
N°42	I0,I40	72,900	94	I00	7,3I	35,5	92	3	0	0	0	0	72	I20	I26	5,400	76	25	0,000	76	72
N°46	8,490	55,800	77	I00	7,37	38	94	3,5	- 4	+ 3	- I	0	76	I28	0	I0,500	I04	0	5,400	90	88
N°50	6,690	70,200	68	I20	7,38	4I	94	2	- 5	+ I	- 4	0	84	I20	50	II,400	88	50	2,000	76	60
N°52	8,6I0	90,000	I00	I20	7,37	40	95	2	- 7	+ 3	- 4	0	90	I40	66	7,000	I00	55	2,400	84	84
N°68	7,770	80,000	I00	I00	7,38	45	94	0	- 4	+ 6	+ 2	0	II2	I50	I00	6,300	I04	I6	I,900	84	95
N°69	I0,I70	66,600	94	60	7,32	35	94	0	+ 9	- 6	+ 3	0	88	I36	50	7,830	II0	I0	I,890	...	I00
N°7I	9,690	40,500	7I	45	7,43	36,8	88	0	- I0	+ 2	- 8	+ 2	84	I08	I0	4,530	88	0	I,380	88	92
N°74	9,450	52,200	49	40	7,37	42	94	0	+ I	- 3	- 2	0	77	92	0	0,000	76	0	0,000	88	73
N°76	8,I30	76,500	I00	I00	7,35	46	95	2,5	- 6	+ 7	+ I	0	70	I32	33	3,430	II2	0	0,480	96	84
N°79	II,580	56,430	8I	80	7,38	53	92	3,7	- 4	+ 2	- 2	- I	93	I40	II2	2,850	I24	I00	2,I30	I08	96
N°80	II,640	40,500	44	80	7,38	40	92	0	- 4	- 2	- 6	- 2	95	I24	I37	4,920	I00	87	0,000	96	75
N°85	I0,770	90,000	98	I20	7,42	39	94	0	- 5	+ 6	+ I	+ 2	86	I28	57	0,200	90	0	0,000	80	74
2I OBS.	9,209	63,596	80,6	86,2	7,37	40,7	93,I	I,36	- 2,5	+ I,I	- I,4	0	89,8	I27,4	70,2	4,238	96,9	34,4	I,902	94,7	8I,2

IB

BONNE ADAPTATION : POULS ET HEMATOSE

OBS	VM	MBC	%MBCN	W	pH	P.Co¹	HbO%	1%VM	M	G	Z	ΔO¹%	cons O² %N	P15	Récupération 3' O¹	Récupération 3' V	Récupération 3' P	Récupération 6' O¹	Récupération 6' V	Récupération 6' P	Po
N°2	6,420	74,520	I00	60	7,47	30	94	55	0	+ 3	+ 3	0	7I,4	I32	0	4,580	I20	0	0,000	I00	76
N°3	8,070	79,800	94	I00	7,36	43	94	8	+ I	+ 2	+ 3	0	73	I30	66	3,000	I00	7	I,200	90	76
N°4	9,780	40,500	50	60	7,39	4I	95,5	0	0	0	0	0	82,5	II8	7I	5,I20	80	90	I,420	80	80
N°7	8,550	38,700	93	80	7,29	47	90	2	+ 3	+ 2	+ 5	0	9I	I24	73	8,300	I00	0	I,000	92	70
N°8	8,6I0	50,400	80	80	7,37	44	94	5	0	0	0	0	86	I36	66	I,400	I00	..	. ...	..	76
N°I2	9,900	38,700	63	80	7,37	38,4	94	8	- I	+ I	0	0	64	I24	55	2,200	I00	0	0,000	88	80
N°I6	I0,800	58,500	73	80	7,37	45	92	STOP	- 3	0	- 3	0	92	I32	I22	9,I00	I00	..	. ...	..	95
N°I7	6,480	28,500	42	30	7,42	38,5	92	STOP	- 2	0	- 2	0	97	92	I9	2,600	76	..	. ...	..	68
N°I8	7,740	56,520	97	80	7,37	39	94	7	- 2	0	- 2	0	I05	I36	20	4,300	I00	20	I,200	92	76
N°24	I4,300	49,500	65	80	7,37	38,7	94	I0	- 3	+ 6	+ 3	0	I00	II2	90	2,500	90	30	0,000	72	72
N°35	I0,620	59,400	79	I00	7,40	39,8	92	0	- I0	+ 3	- 7	0	83	I20	27	4,400	...	0	I,400	88	66
N°37	I0,920	54,900	80	45	7,44	28	94	STOP	- 8	+ I	- 7	0	I00	II6	20	8,080	...	0	0,000	I02	I08
N°40	9,960	69,I20	I00	I00	7,37	4I	95	23	- 4	+ I	- 3	0	70	I20	I2	6,04I	96	I2	0,000	88	64
N°4I	8,430	60,300	90	45	7,38	43	93	STOP	- I4	+ I7	+ 3	0	II3	I24	50	4,570	I24	I2	3,360	I04	80
N°44	I0,500	44,I00	56	I00	7,38	35,6	94	6	- 8	+ 7	- I	0	92	I20	60	I,500	I00	..	. ...	..	85
N°46	8,490	55,800	77	I00	7,37	38	94	3,5	- 4	+ 3	- I	0	76	I28	0	I0,500	I04	0	5,400	90	88
N°47	I0,050	73,800	I00	80	7,32	45,5	95,5	STOP	- 5	+ 5	0	0	8I	I28	42	6,300	96	42	3,I50	84	77
N°50	6,690	70,200	68	I20	7,38	4I	94	2	- 5	+ I	- 4	0	84	I20	50	II,400	88	50	2,000	76	60
N°53	8,640	4I,400	6I	60	7,32	47	93	6	- I2	+ I7	+ 5	0	72	I20	II0	6,360	II0	29	4,000	88	88
N°57	9,360	35,I00	53	60	7,34	42	9I,5	26	+ I	+ I	+ 2	0	87	II2	...	. ...	...	0	3,300	68	53
N°6I	6,390	78,660	I00	I00	7,35	42	94	STOP	- 4	0	- 4	0	77	I36	...	. ...	...	I0	5,400	92	69
N°63	9,270	57,200	89	80	7,38	43	92	STOP	- 4	0	- 4	0	87	I20	90	3,800	92	30	0,000	76	72
N°65	I3,090	8I,000	90	I00	7,39	36,5	95	STOP	- I2	+ 3	- I0	0	67	I3.	I62	I3,900	I20	87	7,200	84	72
N°66	6,8I0	54,000	65	80	7,30	45	95	7,5	+ I	0	+ I	0	95	I24	II0	4,200	90	I2	2,900	80	76
N°67	7,470	76,500	96	I00	7,35	4I	94	3,6	- 4	+ 4	0	0	7I	I20	I6	7,500	90	0	I,500	72	72
N°70	9,540	79,200	99	80	7,38	42	94	II	- 5	+ I	- 4	0	I04	I08	88	5,800	92	48	3,050	88	80
N°72	7,950	89,I00	83	40	7,35	4I	94	I4	+ 2	+ I	+ 3	0	76	I08	55	I,400	I00	0	0,000	92	96
N°76	8,I30	76,500	I00	I00	7,35	46	95	2,5	- 6	+ 7	+ I	0	70	I32	33	3,430	II2	0	0,480	96	84
28 OBS.	9,03I	59,57	79,03	79,25	7,37	40,78	93,64	9,6	- 3,89	+ 3,07	- 0,82	0	84,53	II8	57,96	4,990	99,I6	I9,95	I,990	86,75	77,07

IC

BONNE ADAPTATION : POULS, HEMATOSE ET VENTILATION

OBS	VM	MBC	%MBCN	W	pH	P.Co¹	HbO%	1%VM	M	G	Z	ΔO¹%	cons O² %N	P15	Récupération 3' O¹	Récupération 3' V	Récupération 3' P	Récupération 6' O¹	Récupération 6' V	Récupération 6' P	Po
N°4	9,780	40,500	50	60	7,39	4I	95,5	0	0	0	0	0	82,5	II8	7I	5,I20	80	90	I,420	80	80
N°7	8,550	38,700	93	80	7,29	47	90	2	+ 3	+ 2	+ 5	0	9I	I24	73	8,300	I00	0	I,000	92	70
N°35	I0,620	59,400	79	I00	7,40	39,8	92	0	- I0	+ 3	- 7	0	83	I20	27	4,400	...	0	I,400	88	66
N°46	8,490	55,800	77	I00	7,37	38	94	3,5	- 4	+ 3	- I	0	76	I28	0	I0,500	I04	0	5,400	90	88
N°50	6,690	70,200	68	I20	7,38	4I	94	2	- 5	+ I	- 4	0	84	I20	50	II,400	88	50	2,000	76	60
N°76	8,I30	76,500	I00	I00	7,35	46	95	2,5	- 6	+ 7	+ I	0	70	I32	33	3,430	II2	0	0,480	96	84
6 OBS.	8,7I0	56,850	77,83	93,33	7,36	42,I3	93,4I	I,66	- 4,66	+ 2,66	- I,33	0	8I,08	I32,66	42,33	7,I90	96,80	23,33	I,950	87,0	74,66

ID

BONNE ADAPTATION : HEMATOSE ET VENTILATION

OBS	VM	MBC	%MBCN	W	pH	P.Co¹	HbO%	1%VM	M	G	Z	ΔO¹%	cons O² %N	P15	Récupération 3' O¹	Récupération 3' V	Récupération 3' P	Récupération 6' O¹	Récupération 6' V	Récupération 6' P	Po
N°4	9,780	40,500	50	60	7,39	4I	95,5	0	0	0	0	0	82,5	II8	7I	5,I20	80	90	I,420	80	80
N°6	8,250	II7,000	I00	I20	7,33	47	95	0	0	+ 5	+ 5	0	76	I40	75	4,I60	88	0	3,750	76	72
N°7	8,550	38,700	93	80	7,29	47	90	2	+ 3	+ 2	+ 5	0	9I	I24	73	8,300	I00	0	I,000	92	70
N°32	8,520	53,000	77	60	7,43	36,6	92	4	- 3	+ I	- 2	0	I24	I40	..	. ...	...	I00	2,880	II6	96
N°35	I0,620	59,400	79	I00	7,40	39,8	92	0	- I0	+ 2	- 7	0	83	I20	27	4,400	...	0	I,400	88	66
N°46	8,490	55,800	77	I00	7,37	38	94	3,5	- 4	+ 3	- I	0	76	I28	0	I0,500	I04	0	5,400	90	88
N°50	6,690	70,200	68	I20	7,38	4I	94	2	- 5	+ I	- 4	0	84	I20	50	II,400	88	50	2,000	76	60
N°52	8,6I0	90,000	I00	I20	7,37	40	95	2	- 7	+ 3	- 4	0	90	I40	66	7,000	I00	55	2,400	84	84
N°68	7,770	80,000	I00	I00	7,38	45	94	0	- 4	+ 6	+ 2	0	II2	I50	I00	6,300	I04	I6	I,900	84	95
N°76	8,I30	76,500	I00	I00	7,35	46	95	2,5	- 6	+ 7	+ I	0	70	I32	33	3,430	II2	0	0,480	96	84
I0 OBS.	8,540	68,II0	84,400	96	7,37	42,I4	93,65	I,60	- 3,60	+ 3,I	- 0,5	0	88,85	I3I,2	55,	6,730	97	3I,I0	2,263	88,2	79,5

IE

BONNE ADAPTATION : HEMATOSE ET METABOLISMES

OBS	VM	MBC	%MBCN	W	pH	P.Co¹	HbO%	1%VM	M	G	Z	ΔO¹%	cons O² %N	P15	Récupération 3' O¹	Récupération 3' V	Récupération 3' P	Récupération 6' O¹	Récupération 6' V	Récupération 6' P	Po
N°4	9,780	40,500	50	60	7,39	4I	95,5	0	0	0	0	0	82,5	II8	7I	5,I20	80	90	I,420	80	80
N°6	8,250	II7,000	I00	I20	7,33	47	95	0	0	+ 5	+ 5	0	76	I40	75	4,I60	88	0	3,750	76	72
N°7	8,550	38,700	93	80	7,29	47	90	2	+ 3	+ 2	+ 5	0	9I	I24	73	8,300	I00	0	I,000	92	70
N°32	8,520	53,000	77	60	7,43	36,6	92	4	- 3	+ I	- 2	0	I20	I40	..	. ...	...	I00	2,880	II6	96
N°46	8,490	55,800	77	I00	7,37	38	94	3,5	- 4	+ 3	- I	0	76	I28	0	I0,500	I04	0	5,400	90	88
N°68	7,770	80,000	I00	I00	7,38	45	94	0	- 4	+ 6	+ 2	0	II2	I50	I00	6,300	I04	I6	I,900	84	95
6 OBS.	8,560	64,I60	82,83	86,66	7,36	42,56	93,4	I,58	- I,33	+ 2,83	- I,50	0	93,5	I33	63,60	6,876	95,5	34,33	2,725	89,3	83,3

B) EXPOSÉ DES RÉSULTATS

I. - RECHERCHE DES CORRÉLATIONS

1° Groupement des observations :

Pour la commodité de cette recherche, nous avons groupé nos observations suivant la présence et l'absence d'un des facteurs à étudier.

L'épreuve « moyenne », dont chaque paramètre est la moyenne de ceux de chaque épreuve de chaque catégorie, a été chaque fois calculée.

La comparaison des deux épreuves moyennes dans chaque cas permettra de voir aisément quelles sont les différences introduites par le facteur étudié.

Nous avons ainsi rassemblé dans des tableaux toutes les épreuves comportant et ne comportant pas
— d'acidose métabolique,
— d'acidose globale,
— d'acidose gazeuse,
— de désaturation (et de sursaturation),
— de dette d'oxygène,
— de gros gain de ventilation entre les 10e et 15e minutes,
— d'abandon.

2° Comparaison des épreuves moyennes :

Pour chaque couple d'épreuve moyenne, on a noté dans un tableau par les signes +, — et 0 le sens ou l'absence de corrélation.

La corrélation sera retenue si elle figure dans les deux sens sur le tableau.

Une deuxième série de corrélations sera retenue lorsque plusieurs caractères se retrouvent associés de façon suffisamment constante.

3° Résultats obtenus :

CORRÉLATIONS CERTAINES.

Acidose métabolique :
— acidose globale,

— dette d'oxygène,
— abandon.

Acidose globale :
— acidose métabolique,
— acidose gazeuse,
— dette d'oxygène.

Acidose gazeuse :
— acidose globale.

Désaturation :
— dette d'oxygène,
— accélération exagérée du pouls.

Dette d'oxygène :
— désaturation,
— Accélération exagérée du pouls,
— acidose métabolique,
— acidose globale.

Accélération exagérée du pouls :
— dette d'O_2,
— désaturation.

Gros gain de ventilation entre les 10e et 15e minutes :
— aucune corrélation.

Corrélations plus laches.

Mauvaise M.B.C. :
— acidose métabolique et globale d'autant plus importante que l'effort proposé a été plus élevé,
— abandon.

pH élevé au départ :
— constitution d'une acidose métabolique.

Prise d'oxygène :
— paraît plus élevée dans les cas avec acidose et accélération exagérée du pouls.

La ventilation lors de la récupération
suit assez bien :
— l'acidose métabolique,
— la désaturation ;
suit moins fidèlement :
— la dette d'oxygène.

II. - RECHERCHE DE L'ADAPTATION

1° Adaptation de la ventilation :

Nous entendons par là un gain de ventilation inférieur à 4 % entre la 10e et la 15e minute.

21 cas entrent dans ce cadre ; ils sont rassemblés dans le tableau n° I A.

L'étude de ce tableau et de l'épreuve « moyenne » montre que nous avons une grande dispersion des résultats :

— acidose métabolique importante :
4 cas : obs. 35, 52, 69, 71.

— Acidose gazeuse :
6 cas : obs. 5, 15, 25, 69, 74, 80.

— désaturation :
4 cas : obs. 29, 42, 79, 80.

— Quasi constance d'une dette d'oxygène importante :
16 cas : obs. 4, 5, 6, 7, 15, 25, 35, 42, 50, 68, 69, 52, 76, 79, 80, 85.

Dans ces conditions, le critère ventilation ne nous paraît pas suffisant pour juger de l'adaptation d'une épreuve.

2° Adaptation de l'hématose :

Nous entendons par là : pas de désaturation oxy-hémoglobinée ; conservation ou abaissement de la P CO_2.

42 cas correspondent à ce signalement ; ils sont rassemblés dans le tableau n° V A.

L'étude de ce tableau et de l'épreuve « moyenne » montre que nous avons une grande dispersion des résultats :

— 11 cas d'abandon :
Obs. 16, 17, 36, 37, 41, 47, 61, 63, 65, 73, 78.

— 9 cas d'acidose métabolique importante :
Obs. 14, 35, 36, 37, 41, 44, 53, 65, 73.

— 7 cas de gain de ventilation supérieur à 10 % :
Obs. 2, 9, 24, 40, 49, 57, 70, 72.

— Dette d'oxygène presque constante dont 9 cas supérieurs à 100 % :
Obs. 16, 19, 49, 53, 65, 66, 68, 73, 78.

— 7 cas de pouls supérieur à 140 :
Obs. 9, 10, 14, 36, 45, 49, 68, 73.

L'épreuve moyenne elle-même ne montre pas d'adaptation de la ventilation et on y retrouve une importante dette d'O_2.

Le critère de l'adaptation de l'hématose n'est donc pas par lui-même suffisant.

3° Adaptation métabolique :

Nous entendons par là la constitution d'une acidose métabolique inférieure à 0,05 pH.

Les 46 cas correspondant à ce signalement sont rassemblés dans le tableau n° V B.

L'étude de ce tableau et de l'épreuve « moyenne » montre que nous avons là encore une grande dispersion des résultats :

— 13 cas d'acidose gazeuse :
Obs. 1, 5, 13, 15, 21, 22, 25, 48, 59, 64, 74, 80, 81.

— 11 cas de gain de ventilation supérieur à 10 % entre les 10e et 15e minutes :
Obs. 1, 2, 9, 20, 23, 24, 48, 54, 59, 64, 77.

— 10 cas d'abandon :
Obs. 13, 16, 17, 21, 22, 26, 27, 34, 61, 63.

— 8 cas d'accélération du pouls supérieure à 140 :
Obs. 1, 9, 10, 11, 22, 48, 59, 68.

— 8 cas de dette d'oxygène supérieure à 100 % :
Obs. 1, 11, 16, 25, 64, 66, 79, 80.

Signalons aussi la quasi constance de dettes d'O_2 plus modérées.

L'adaptation métabolique n'est donc pas non plus un critère suffisant.

4° Adaptation à plusieurs facteurs :

Si l'on recherche l'adaptation à la fois à ces trois facteurs, on trouve seulement 6 cas.

L'étude de ces 6 cas nous montre que l'épreuve moyenne porte quand même une dette d'O_2 de 63 % à la 3e minute de récupération.

Les épreuves, prises individuellement, montrent là encore une assez grande dispersion puisque l'on a :

— 3 cas de pouls supérieur ou égal à 140 :
Obs. 6, 32, 68.

— une seule observation, n° 46, n'a pas de dette d'O_2.

Si l'on recherche une adaptation totale, nous n'avons alors plus qu'une seule observation, le n° 46, encore que nous trouvions chez ce malade une hyperventilation considérable lors de la récupération.

III. - INTERPRÉTATION

Tous ces résultats sont critiquables, nous le savons, du fait de l'insuffisance de notre matériel, de leur petit nombre, du fait que nos épreuves ne sont que de 15 minutes, que nos malades sont en assez mauvaise condition.

Mais ce sont de tels malades et non des sujets sains pour

lesquels il est intéressant de connaître les limites du poumon, et de tels malades ne font pas mieux.

De plus, un certain nombre de points frappent :

1° Le manque complet de corrélation entre le critère classique de la ventilation et les autres paramètres, et ceci d'une façon constante et sans dispersion.

2° L'absence de rapports entre :

— d'une part la constitution d'une acidose métabolique et gazeuse ;
— d'autre part la désaturation et la constitution d'une acidose métabolique.

Ceci semble exclure tout rapport entre l'acidose métabolique et la fonction pulmonaire.

3° L'association très étroite qui existe entre
— acidose métabolique et dette de ventilation ;

L'association plus lâche qui existe
— d'une part entre
— dette d'O_2 et
— dette de ventilation ;
— d'autre part entre
— dette d'O_2 et
— acidose métabolique,

semblent indiquer que

a) ce soit l'acidose métabolique beaucoup plus que la dette d'O_2 qui commande l'hyperventilation lors de la récupération. Ceci s'explique d'ailleurs,

— sur le plan de la logique, par le fait que cette hyperventilation est nécessaire pour abaisser la P CO_2 et maintenir le pH dans des limites correctes en attendant l'action des reins, alors que la prise d'O_2 s'accommoderait très bien d'une ventilation à un taux plus bas ;

— sur le plan des mécanismes physiologiques, par le fait que pendant que l'organisme paye la dette d'oxygène, il n'y a pas de désaturation, pas non plus d'augmentation de la P CO_2 puisque, dans la majorité des cas, elle est diminuée ; le seul excitant physiologique connu est donc bien la présence de l'acidose métabolique.

Une réflexion à ce sujet : il semble bien que ce soit la présence des ions acides eux-mêmes et non le chiffre du pH qui intervienne puisque, dans bien des cas, le pH a été normalisé par la réaction gazeuse.

b) dette d'oxygène et acidose métabolique sont deux manifestations distinctes d'une même cause : la perturbation des métabolismes musculaires, et non pas la cause l'une de l'autre.

Ceci s'explique très bien par le fait que la disparition des ions acides de l'organisme n'est pas sous la dépendance d'un mécanisme unique : l'oxydation, mais est la conséquence de toute une série de possibilités (reins, reconversions, oxydation, etc.) que tous les individus n'utilisent pas de la même façon.

4° L'association presque constante que l'on trouve entre
— dette d'oxygène et accélération du pouls,
— dette d'O_2, de saturation et accélération du pouls,
alors que la corrélation entre pouls et acidose est beaucoup plus lâche, semble placer les mouvements de l'oxygène au premier plan des corrélations de l'accélération du pouls.

Ceci s'explique très bien par le fait qu'une insuffisance d'adaptation circulatoire peut très bien provoquer une désaturation veineuse trop importante pour être compensée par une hématose normale d'une part ; d'autre part cette désaturation veineuse, même compensée qualitativement par le passage pulmonaire, crée quantitativement une dette d'O_2 qui resterait à payer par la suite sans pour cela que le poumon soit mis en cause.

Cela rentre dans le cadre d'un fait que nous avons observé assez souvent : la présence d'une cyanose cliniquement évidente, alors que les examens chimiques du sang montraient un taux d'oxymétrie normal ; ces cas s'accompagnent toujours d'une dette d'oxygène importante.

5° Un problème qui nous semble loin d'être résolu est celui du déterminisme de la ventilation pendant les dernières minutes de l'effort : en effet il n'y a alors, dans la grande majorité des cas, ni désaturation ni élévation de la P CO_2, qui est en général abaissée ; seul un certain degré d'acidose métabolique pourrait être invoqué ; mais il est bien faible dans les bons cas pour expliquer le taux élevé de la ventilation.

Ce mécanisme nous semble assez obscur puisque les excitants de la ventilation sont absents et que, s'ils sont présents, on dit alors que l'épreuve n'a pas été tolérée.

COMMENT ENVISAGER L'ADAPTATION

1° Chez nos malades, le critère ventilation est en défaut. A cela, on peut trouver plusieurs explications :

— Nos sujets sont de grands malades, pour la plupart alités depuis longtemps ; dans ces conditions, leurs métabolismes musculaires sont perturbés et ils constituent, pour un effort moyen que leurs poumons leur permettraient parfaitement de supporter, une acidose métabolique qui les force à hyperventiler pour ajuster leur pH beaucoup plus que ne le nécessiterait l'effort lui-même.

— Lorsque l'on examine par rapport au M.B.C. la ventilation de nos malades en fin d'effort, on se rend compte que si le gain de ventilation est notable, la ventilation elle-même reste dans les limites permises.

Ne s'agit-il donc pas plutôt d'un retard d'adaptation que de l'hyperventilation progressive qui caractérise classiquement la non adaptation.

Quoi qu'il en soit, pour nos épreuves de 15 minutes et pour nos malades, le test de l'accroissement de ventilation ne nous paraît pas suffisant.

2° Les différents points de vue de l'adaptation.

C'est pourquoi nous avons l'habitude de disséquer l'adaptation en ses différents éléments :

— ventilation,
— hématose, à savoir :
  — évolution de la saturation,
  de la P CO_2,
— les métabolismes :
  — acidose métabolique,
  — dette d'oxygène,
— la circulation :
  — pouls,
  — T. A.,
  — dette d'O_2.

La ventilation.

Nous n'y reviendrons pas.

L'hématose.

La fonction du poumon étant d'assurer
— la saturation en HbO_2,
— l'évacuation du CO_2,
nous considérons que, du point de vue pulmonaire, l'épreuve est adaptée si :
— l'oxymétrie n'a pas varié,
— la P CO_2 est soit inchangée,
  soit diminuée,
— la ventilation n'a pas dépassé 60 % du M.B.C.

Les métabolismes.

Nous admettons comme tolérable une variation métabolique de pH inférieur à 0,05 pH.

Nous admettons une dette d'O_2 de 10 % à la 3e minute comme acceptable.

La circulation.

Nos idées sont beaucoup moins précises à ce sujet.

Nous reconnaissons une valeur négative formelle à
— une accélération du pouls supérieure à 150,
— une élévation de la T.A. de 10 pour la maxima,
de 5 pour la minima.

Nous reconnaissons que le test de la limitation de la prise d'oxygène a un plateau fixe est un excellent test de limitation du débit mais avec nos épreuves de 15 minutes, nous ne pensons pas qu'il puisse être valablement recherché.

Nous avons l'impression que si la dette d'O_2 est importante et ne s'accompagne pas d'une acidose métabolique et gazeuse notable, on peut douter de l'adaptation circulatoire.

Le seul moyen formel de juger de l'adaptation de la circulation pulmonaire reste le cathétérisme.

3° Du point de vue des épreuves fonctionnelles respiratoires :

Le point qui nous intéresse est l'adaptation
de l'hématose telle que nous l'avons définie,
de la circulation jugée surtout par le pouls et la T.A.

Les facteurs métaboliques n'entrent pas en jeu pour nous, ils n'ont que le mérite de nous montrer l'innocence de la circulation dans certains cas douteux.

Une épreuve adaptée à ces deux points de vue, même si elle ne l'est pas aux deux autres, nous semble valable puisque nous pensons que sous réserve d'entraînement musculaire, le sujet sera capable de l'accomplir avec une adaptation complète.

CONCLUSIONS

De l'étude de nos observations, il ressort que :

1° **Du point de vue physiopathologique :**

a) La dette d'oxygène et l'acidose métabolique semblent être deux manifestations parallèles de perturbations des métabolismes musculaires presque constantes chez nos malades du fait du repos prolongé auquel ils ont été soumis.

b) L'hyperventilation lors de la récupération semble liée à l'importance de l'acidose métabolique bien plus qu'à celle de la dette d'oxygène, ce qui laisse penser que ce sont les ions acides eux-mêmes qui, dans ce cas, constituent l'excitant du centre respiratoire.

c) Il semble exister un rapport certain entre l'accélération exagérée du pouls et, d'une part, la dette d'oxygène, d'autre part la désaturation oxy-hémoglobinée isolée ; ce qui laisse entrevoir, en l'absence de perturbations métaboliques évidentes, la possibilité de relier ces phénomènes à une mauvaise adaptation de la circulation.

d) Le problème de la régulation de la ventilation pendant l'effort reste mystérieux à nos yeux car si l'épreuve est adaptée, aucun des excitants classiques des centres respiratoires n'est présent.

2° **Du point de vue de l'interprétation des épreuves d'effort :**

a) Chez le malade soumis à un long repos au lit et qui a de ce fait perdu tout entraînement musculaire, le critère qu'est l'accroissement de ventilation à partir de la 10e minute ne semble pas avoir la valeur qu'il a chez le sujet sain et entraîné.

b) Nous considérons pour notre part que :
— exiger l'adaptation de tous les paramètres conduit à sous-estimer les possibilités du sujet au point de vue respiratoire.
— une épreuve comportant
— une bonne adaptation pulmonaire,,
c'est-à-dire :
sans désaturation oxy-hémoglobinée,

avec conservation ou abaissement de la $P\,CO_2$,

avec une ventilation inférieure à 60 % du M.B.C. ;

— une bonne adaptation circulatoire,
c'est-à-dire :

un rythme cardiaque inférieur à 150,

une élévation de la tension artérielle inférieure à 10 pour la maxima,

doit être considérée comme bonne, même si elle est non adaptée au point de vue métabolique car nous pensons que grâce à un entraînement musculaire convenable, elle le deviendrait.

Lu et approuvé
Le Président de Thèse :
G. MORIN

Lu et approuvé
Le Doyen :
G. MORIN

Vu et permis d'imprimer,
Aix, le 27 février 1961
Le Recteur : J. BLACHE

BIBLIOGRAPHIE

AUBERTIN (N.), GILGENKRANTZ (J.M.), PILLOT (P.), REMY (M.), SADOUL (P.), HEULLY (F.). — Remarques sur l'étiologie de l'insuffisance ventriculaire droite des pneumoconiotiques. — *Arch. Mal. Professionnelles,* 17, 538-550, 1956.

BARCROFT (J.). — The respiration fonction of the blood. — Cambridje University Press, 1925.

BRILLE. — Dyspnée d'effort. Son mécanisme physio-pathologique. — *Journal Français de Médecine et de Chirurgie Thoracique,* n° 4, 1950.

BUGARD (P.). — La fatigue. Physiologie, psychologie et médecine sociale. — Un vol. Masson, éd., Paris, 1960.

CHARPIN (J.). — Essai de classification des insuffisances respiratoires chroniques. — *Semaine des Hôpitaux,* n° 29, 1953.

COMROE (J.H.) Jr. — Hyperpnea of muscular exercise. — *Physiol. Revue,* n° 24, 1944.

DAVENPORT. — The A B C of acid-base chemistry. — 1 vol., 86 p. University of Chicago Press, 1950.

DEJOURS (P.), MITHOEFER (J.C.), LABROUSSE (Y.), RAYNAUD (J.) et ATTEILLAC (A.). — Etude de la régulation du débit ventilatoire de l'exercice musculaire. — XX^{e} Congrès International de Physiologie, 1956.

DENOLIN (H.). — Introduction à la physiologie de la circulation pulmonaire. — *Acta Cardiol.,* 9, 285, 1954.

DENOLIN (H.). — Exploration de la fonction cardio-pulmonaire au cours de l'effort. — *Acta Clinica Belgica,* n° 7, 1952.

FLEISCH (A.). — Nouvelles méthodes d'étude des échanges gazeux et de la fonction pulmonaire. — 1 vol., 144 p. Ed. Benno Schwabe et C°, Bâle, 1954.

GALLETTI, HAAB, MAY, FLEISCH. — Etat d'équilibre des échanges respiratoires pendant l'exercice musculaire. — *Journal de Physiologie,* 48, 548, 1958.

GALLETTI, FLEISCH. — Influence de l'hyperoxie sur les échanges gazeux au travail. — *Helvetic Physiol. Acta,* 11, 1953.

GRANDPIERRE. — Notions actuelles sur l'organisation et le fonctionnement des centres nerveux respiratoires. — *Médecine Aéronautique,* n° 50, 1950 : I, pp. 107-134 ; II, pp. 300-353.

JEQUIER et DOGE. — Explorations fonctionnelles des tuberculeux au repos et à l'effort. — *Semaine des Hôpitaux,* n° 22, 1946.

KALTREIDER. — Respiratory reponse during exercise in pulmonar fibrosis and emphysema. — *Journal of Clinic Investigation,* n° 16, 1937.

LEQUIME et DENOLIN. — Modifications du débit cardiaque à l'effort. — *Cardiologia,* n° 32, pp. 65-84, 1958.

MERKLEN. — Rythme du cœur au cours de l'activité musculaire. — Thèse Nancy, 1926.

MICHELI (de), DEDOLIN (H.). — Etude du comportement à l'effort dans la pneumonectomie. — *Acta Tubercul. Belg.,* 4286, 1956.

MORIN (G.). — Physiologie du travail humain. — 1 vol. Masson, éd., Paris, 1946.

MUXWORTHY. — Breath holding studies. - III. Effects of exercise studies in

respiratory physiologie. — FENN OTIS RHANN U.S.A.F. Technical Report, n° 6528, pp. 479-862.

Pitteloud (J.J.). — Effets de l'âge et de l'entraînement sur les échanges respiratoires, mesurés en état d'équilibre lors de l'effort musculaire. — *Rev. Méd. Nancy,* 82, 880, 1957.

Pitts. — Regulation of respiration. — *Fulton Physiologie,* pp. 819-762, 1950.

In extenso : « Entretiens de physiopathologie respiratoire de Nancy », 1958. — *Le poumon et le cœur,* n° 9, 1959.

Reymonds (C.), Debaillets (P.), Baudraz (B.), Rivier (J.I.). — Epreuves d'effort et cathétérisme cardiaque. — *Cardiologia,* n° 30, 259-278, 1957.

Roughton (F.J.W.). — Average time spent by the blood in human lungs capillary and its relation to the rate of CO_2 uptake and elimination ni man. — *American Journal of Physiol.,* 143, 621, 1945.

Sadoul, Saunier, Milic, Emily. — Variation de l'équilibre acido-basique chez l'homme sain au cours de l'exercice musculaire. — C.R. Soc. de Biologie, 1958.

Trocme (P.), Chedal (J.). — Cathétérisme du cœur droit et des artères pulmonaires en pneumologie. — 1 vol., 110 p. Masson, éd., Paris, 1958.

SERMENT D'HIPPOCRATE

En présence des Maîtres de cette Faculté, de mes chers condisciples, devant l'effigie d'Hippocrate,

Je promets et je jure, au nom de l'Etre Suprême, d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la Médecine.

Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail, je ne participerai à aucun partage clandestin d'honoraires.

Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe, ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime.

Je ne permettrai pas que des considérations de religion, de nation, de race, de parti ou de classe sociale viennent s'interposer entre mon devoir et mon patient.

Je garderai le respect absolu de la vie humaine dès la conception.

Même sous la menace, je n'admettrai pas de faire usage de mes connaissances médicales contre les lois de l'humanité.

Respectueux et reconnaissant envers mes Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leur père.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.

Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes Confrères si j'y manque.